

出國報告（出國類別：其他）

參加第七屆「2012 生質聚合物研討會」  
(Biopolymer 2012 Symposium)及生質塑  
膠添加物專題研討會(Workshop of  
Additives for Bioplastics)公差報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：王大明 研究助理

派赴國家：美國

出國期間：101年10月13日~101年10月20日

報告日期：101年11月14日



## 摘要

本報告是說明參加「2012 生質聚合物研討會」(Biopolymer 2012 Symposium)及生質塑膠添加物專題研討會(Workshop of Additives for Bioplastics)之摘要內容，「2012 生質聚合物研討會」主題包含廠商在生質材料的創新應用、一些生質化學品最新進展、生質料源永續發展、及生質塑膠回收和最終處置方式等相關議題，參加此會議有助於收集國際廠商在生質材料及化學品等最新進展；而生質塑膠添加物專題研討會則討論生質塑膠添加劑的研究，對後續發展高值化生質化學品應用開發方向規劃，可作相關技術研發背景知識之借鏡。最後彙整出相關心得和建議事項，供所內長官及同仁參考。

# 目 次

摘 要	i
一、目 的	1
二、過 程	2
三、心 得	49
四、建 議 事 項	50
五、附 錄	53

附錄一、生質塑膠專題研討會議程

附錄二、研討會參加人員名冊

## 一、目的

「Biopolymer 2012 Symposium」研討會係涵蓋生質能高值化利用、生物基材料、以及生質塑膠等領域之前瞻技術發展的綜合性研討會，本次出國公差之目的係藉由參與此一國際性研討會以掌握國際研究生質化學品及生質材料之最新發展趨勢，並增進拓展與國際學者專家之關係，進而增加建立國際合作之管道，對日後擴大纖維酒精核心技術之應用面，朝生質化學品等高值化應用方向發展進行規劃，可提供重要的參考資訊。另參加生質塑膠添加物專題研討會(Workshop of Additives for Bioplastics)，為與第七屆「Biopolymer 2012 Symposium」研討會同時舉行之專題討論會，係關於生質塑膠添加劑之概述與技術發展的專題會議，可視為專門針對化學家、機械工程人員、技術服務人員等各式各樣人員所開設的討論課程，參與此研討會將對添加於生質塑膠之添加物組成及用途等獲得一概括性地了解，對未來所內後續發展高值化生質化學品應用研究方向的開發規劃，亦可作為相關背景知識及技術研發之借鏡。

## 二、過 程

第七屆「2012 生質聚合物研討會」(Biopolymer 2012 Symposium)及生質塑膠添加物專題研討會(Workshop of Additives for Bioplastics)於 2012 年 10 月 15 日至 17 日在美國德州聖安東尼 The Westin Riverwalk Hotel 舉行。本次參加研討會行程摘要如下表一：

表一 行程摘要表

日期	地點	活動內容
10/13-14 (六、日)	台北-洛杉磯-曼菲斯-聖安東尼	由台灣桃園機場搭乘中華航空班機經洛杉磯、曼菲斯轉機後抵達聖安東尼
10/15 (一)	聖安東尼	報到註冊及參加 Workshop of Additives for Bioplastics
10/16 (二)	聖安東尼	參加第七屆 Biopolymer 2012 Symposium-第一天
10/17 (三)	聖安東尼	參加第七屆 Biopolymer 2012 Symposium-第二天
10/18-20 (四-六)	聖安東尼-洛杉磯-台北	由聖安東尼國際機場經洛杉磯轉機搭乘中華航空班機返回台灣

行程詳述如下：

第一、二天：

10 月 13-14 日(星期六-日)：去程(台北-洛杉磯-曼菲斯-聖安東尼)。

第 三 天：

10 月 15 日(星期一)：報到註冊及參加生質塑膠添加物專題研討會(Workshop of Additives for Bioplastics)。

該專題研討會於上午舉行，包含討論的添加劑內容為：

填充物及纖維(Fillers & Fibers)、塑化劑(Plasticizers)、抗衝擊改質劑(Impact Modifiers)、熱穩定助劑(Heat Resistant Additives)、發泡劑(Foaming Agents)、阻燃試劑(Flame Retardant Agents)、成核劑(Nucleating Agents)、熔體強度增強劑(Melting Strength Agents)、脫模劑(Mold & Metal Release Agents)、抗水解試劑(Hydrolysis Stabilized Agents)等。

第四天：

10月16日(星期二)：參加第七屆「2012 生質聚合物研討會」(Biopolymer 2012 Symposium)-第一天。

上午參加開幕式以及二場講座論壇，邀請國際著名的 Goodyear、Nikes 及 Ford 等公司講述 2012 年在生質材料領域的最新進展以及 Sustainable Bioplastics Council of Maine、Virdia、巴西 UNICA、Purac Netherlands、和 Natureworks 等公司機構在永續料源上的努力，演講主題如下：

**8:40-9:50 State of the bioplastics business – the happenings in 2012 and beyond**

**Development of a Bio-based Process for Isoprene**

David Benko, R & D Fellow – Innovation Center, Goodyear

**Nike's Perspective on Bio-polymer Performance and Innovation**

Eraina Duffy, Sr. Materials Researcher, Nike

**The Road to Bio-Based Plastics at Ford Motor Company**

Angela Harris, Plastics Research Group, Materials and Processes Department, Ford Motor Company

**10:20-12:10 Sustainable Feedstocks**

**Forest products and agricultural waste as sustainable feedstocks**

Mike Belliveau, Vice President, Sustainable Bioplastics Council of Maine

**The Brazilian Sugarcane Ethanol: Sugar, Ethanol and Beyond**

Leticia Phillips, Representative – North America, Brazilian Sugarcane Industry Association – UNICA

**Advanced Carbohydrates, the path to commercialization**

Brain Kinard, VP of Corporate Development & General Counsel, Virdia

**Sustainable production of bioplastics**

Edward G. Ludwig, Business Development Manager, Chemical and Pharma, Purac

**Addressing Feedstock Sustainability Concerns – An Ingeo Case Study**

Steve Davies, Director – Marketing & Communications, NatureWorks

中午午餐會上亦帶來 Metabolix 公司在 PHA 技術商業化的經驗分享：

**12:25-12:55 Luncheon Keynote**

**Bringing Metabolix’s PHA Technology to Commercialization**

Richard P. Eno, President and CEO, Metabolix

下午二場講座論壇，主題則是談論加拿大和美國一些地區在政策上對生質塑膠的扶持與效應的討論以及 Myriant、Danimer Scientific LLC、和 Braskem America 等公司在與其他公司進行策略聯盟達到雙贏的成果，最後則是以小組討論的方式結束當天會議的演講，演講主題如下：

**1:15-2:45 International Policy Drivers for Growth of Biopolymers and Their Real Life Effects**

**Cadana**

**Making Choices: Investing in the Alberta, Canada Bioeconomy**

Stan Blade, CEO, Alberta Innovates Bio Solutions

**Policy Initiatives for the Bioeconomy in Ontario, Canada**

Gord Surgeoner, President, Ontario Agri-Food Technologies

**United States**

**Biobased Initiatives – Driving to Success**

Darden Hood, President, Beta Analytic Inc

**Plastic Bag Legislation: Past, Present and Future**

Sue Vang, Californians Against Waste

**3:15-4:25 Partnering across the value chain**

**Bio-based Succinic Acid and 1,4-Butanediol: Enabling Bioplastics**

Michael Mang, Product Technology and Applications Manager, Myriant Corporation

**The importance of strategic partnerships and joint development projects for commercial**

**success**

S. Blake Lindsey, President, Danimer Scientific LLC

**Environmental Benefits of Sugarcane based PE in “Real World” Applications:**

Terry Glass, Strategic Marketing Analyst, Braskem America Inc

**4:25-5:25 Panel Discussion: Opportunities and challenges for start-up companies in the biopolymers arena**

Moderator: Joseph Mecca, Senior Consultant, ERM

Toby Reid, President, Solegear

Brain Kinard, VP of Corporate Development & General Counsel, Virdia

Sonny Meyerhoeffer, President, Eastern BioPlastics

第五天：

10月17日(星期三)：參加第七屆「2012 生質聚合物研討會」(Biopolymer 2012 Symposium)-第二天。

上午有二場講座論壇，邀請 Wisconsin Institute for Sustainable Technology, UWSP、Seattle Public Utilities Solid Waste Division 及 NatureWorks 與 Elemental Impact 等公司機構講述生質塑膠使用終期的創新性管理策略以及 Ecovative、Reverdia、Interface Solutions、Plantic The America's、和 FKuR Plastic Corp 等公司針對增強生質塑膠性能與強度的創新研發努力成果，演講主題如下：

**8:40-10:30 Innovative management strategies for End of Life**

**PLA recovery and recycling pilot project on the University of Wisconsin – Stevens Point campus**

Dr. Paul Fowler, Executive Director, Wisconsin Institute for Sustainable Technology, USAP

**Seattle's Single-Use Food Service Packaging Law – How one city's regulations impacted the biopolymers industry**

Dick Lilly, Business Area Manager for Waste Prevention and Product Stewardship, Seattle Public Utilities Solid Waste Division

## **Biopolymers Role in Zero Waste Programs**

Steve Davies, Director – Marketing & Communications, NatureWorks and Holly Elmore, Founder & CEO, Element Impact

## **Future 500 Bioplastics Project**

Richard Gertman, Principal, For Sustainability Too

## **11:00-12:30 New Innovations in Performance and Technology**

**Single Step Polymers: Utilizing self-assembly in living systems to manufacture affordable biopolymer fibers from low value waste streams**

Gavin McIntyre, Co-Founder and Chief Scientist, Ecovative

## **Biosuccinium, enabling sustainable polymer solutions**

Lawrence Theunissen, Manager Application Development, DSM Bio-based Products & Services & Reverdia (JV of DSM & Roquette)

## **Novel Modified Biopolymers for Durable Applications**

Dr. Adam Pawloski, Technical Director, Interface Solutions

## **How bio-polymers have become true performance polymers...a business case**

Thomas Black, President, Plantic The America's

## **Bioplastics- Engineered for Rigid Applications**

Kelly Lehrmann, General Manager Us, FKUR Plastics Corp

下午一場講座論壇，主題則是談論歐洲地區在永續生質材料方面的努力，例如：2012 倫敦奧運大量使用生物可堆肥及可回收生質材料在食品包材上、德國以及義大利在使用生物可分解塑膠做堆肥用途的推廣和賣場強制使用生物可堆肥塑膠袋政策的探討等，最後則是以小組討論的方式結束二天會議的議程，演講主題如下：

## **1:30-3:00 Sustainability insight from Europe**

### **Bioplastics in Food Services- A case study: London 2012**

Dr. John Williams, Head of Materials for Energy & Industry, NNFCC

### **European scenarios for compostable plastic shopping bags**

David Newman, General Secretary, Italian Bioplastics Association

**Successful Pilot Project in Germany- Compostable Ecovio® Bio-Waste Bags for Separate Organic Waste Collection**

Dr. Carsten Sinkel, Advanced Material & System Research – Biopolymers, BASF

**Biowaste source separation, quality, compost, waste-reduction; compostable bags**

David Newman, Managing Director, Italian Composting Council

**3:20-4:20 Labeling and Certification Interactive Discussion Panel**

Chair: Brenda Platt, Co-Director, Institute for Local Self-Reliance

Dr. Ramani Narayan, University Distinguished Professor, Michigan State University

Tom Bruursema, General Manager, Environmental and Sustainability Services, NSF

International

Kate Lewis, Deputy Program Manager BioPreferred, USDA

第六、七、八天：

10 月 18-20 日(星期四-六)：回程(聖安東尼-洛杉磯-台北)。

此次研討會詳細議程內容說明請參閱附錄一，所有參與人員名單則請參閱附錄二，而在研討會中會見之主要人員及其單位如下表二，可依其研究相關領域進行聯繫與交流。

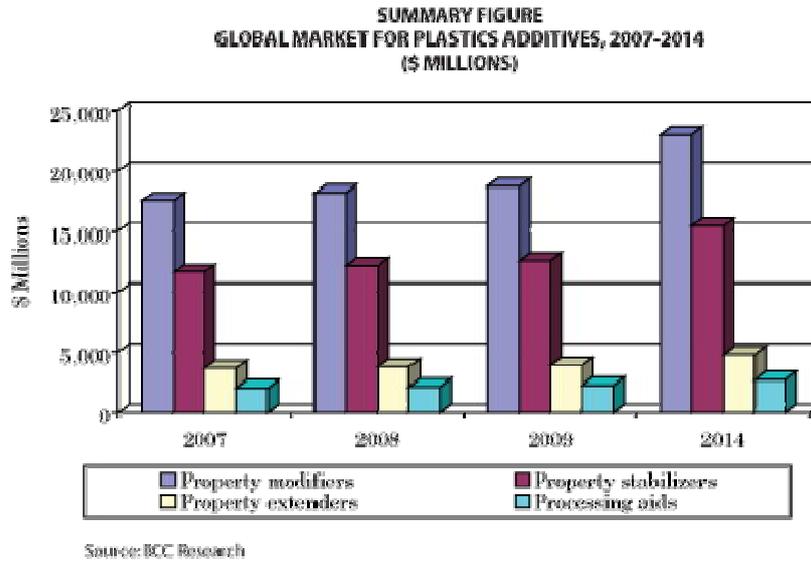
表二 研討會中會見之主要人員及其單位

項次	姓名	公司	職稱
1	Pablo Garcia	Kuraray	Research Engineer
2	Antonio An (安孝澤)	三星精密化學	Senior Manager Bio Material sales Team
3	Lawrence Theunissen	Reverdia	Manager Application Development
4	Sean Ding (丁桂山)	南通華盛新材料股份有限公司	General Manager
5	Edwin Tam	Teknor Apex	Manager, New Strategic Initiatives
6	Norma McDonald	Organic Waste Systems Inc.	North America Sales Manager
7	C-H Zah	Interface	Director of Analytical Laboratory

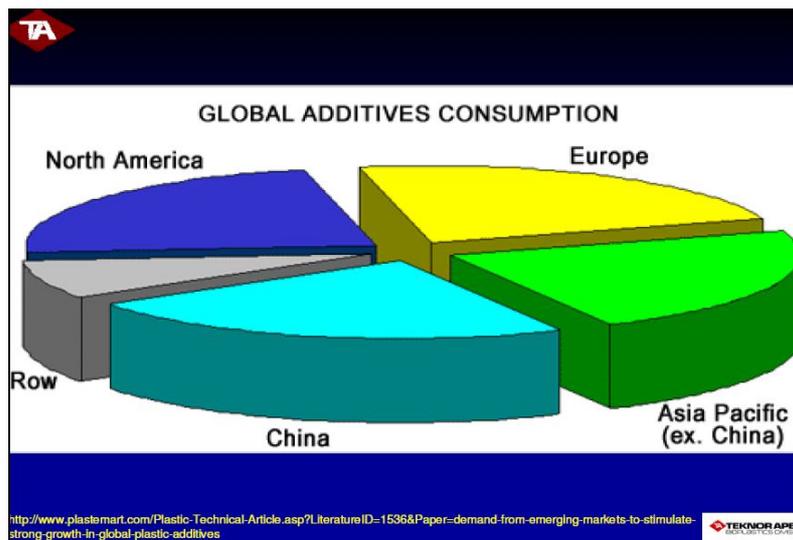
以下為參加生質塑膠研討會摘要內容：

#### (一)、生質塑膠添加物專題研討會 (Workshop of Additives for Bioplastics)

本研討會是專門針對添加在生質塑膠內添加物的討論，對過去研究人員的成果作一個概略性地整理。演講者 Edwin Tam 在開場白時開宗明義地和大家說目前生質塑膠佔全世界塑膠使用量是小於 1%，因此大家仍有很大的進步空間要努力。討論開始時先對現今使用的塑膠做一簡單的分類：石油化學原料製造塑膠以及生物基製造塑膠，依生物可分解性又可分為生物可分解塑膠及生物不可分解塑膠。石化原料製成的工程熱塑性彈性體、生質原料製成的聚乙烯(Bio-PE)、聚丙烯(Bio-PP)、聚氨酯(Bio-Polyurethane)、聚醯胺(Bio-Polyamide 11)、以及聚乳酸摻混的工程塑膠皆屬於生物不可分解之類。聚酯類、聚乳酸、以及澱粉摻混製成的塑膠為生物可分解塑膠的大宗。根據 BCC 在添加劑市場調查方面的資料，塑膠添加劑在 2008 的市場總規模超過 362 億美元，預估未來在 2014 市場總規模將達到 458 億美元，其中針對塑膠性質改良及安定劑消耗量超過 75%(見圖一)，在使用地區分布方面，中國、以及亞洲太平洋(不含中國)地區佔了約一半左右的市場消耗量(圖二)。

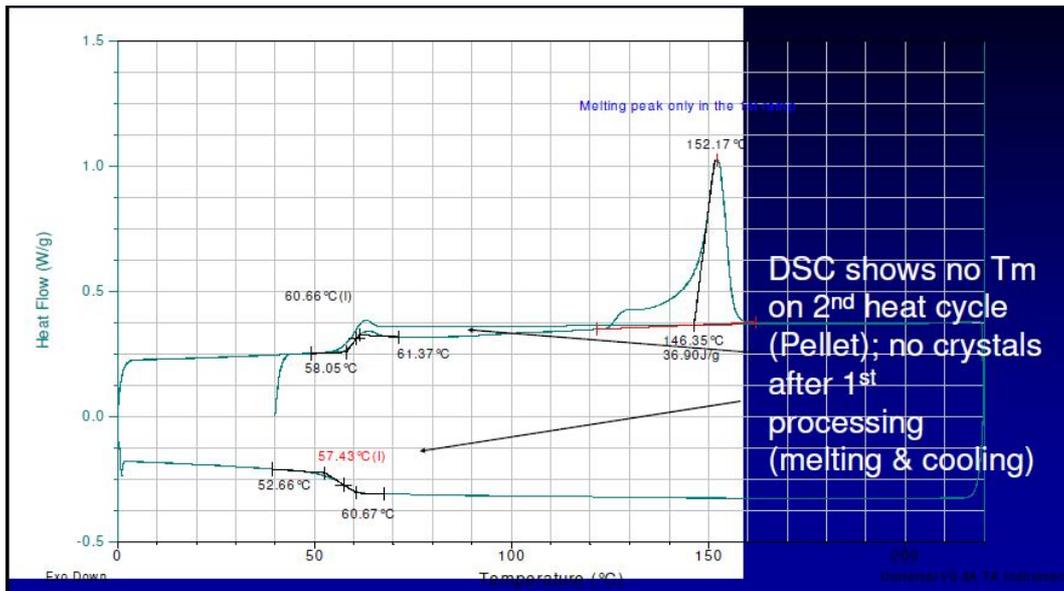


圖一 塑膠添加劑的全球市場規模 (from BCC Research)



圖二 全球塑膠添加劑消耗分布地區

聚乳酸雖是目前生物可分解塑膠中最有名的生質塑膠，然而不管在加工方面，或是在成品性質方面有諸多缺點。例如：非常低的結晶速率(圖三)、熔體強度極差(圖四)、加工時會在金屬模具表面沾黏(圖五)、熱穩定性差(圖六)、以及抗衝擊強度差等(圖七)，使得聚乳酸在耐久性的應用用途上便受到限制。



圖三 DSC 顯示 PLA 本身幾乎沒有明顯的結晶溫度



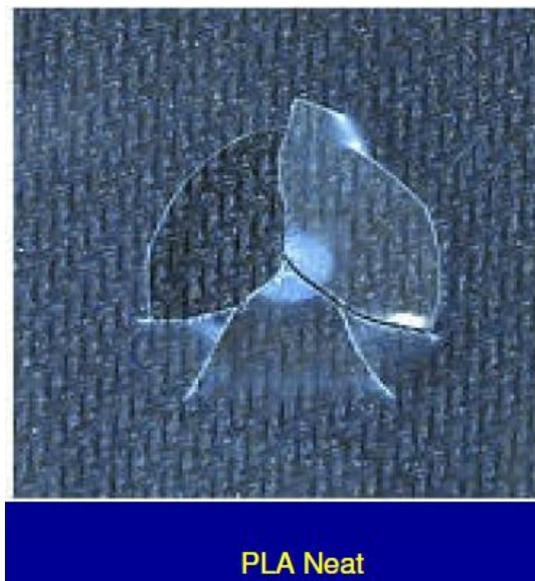
圖四 熔體強度測試，PLA 在拉出以後會迅速垮下



圖五 PLA 在金屬模具表面上的沾黏



圖六 PLA 熱穩定性測試，上為 PLA，下為經過添加強化熱穩定的 PLA



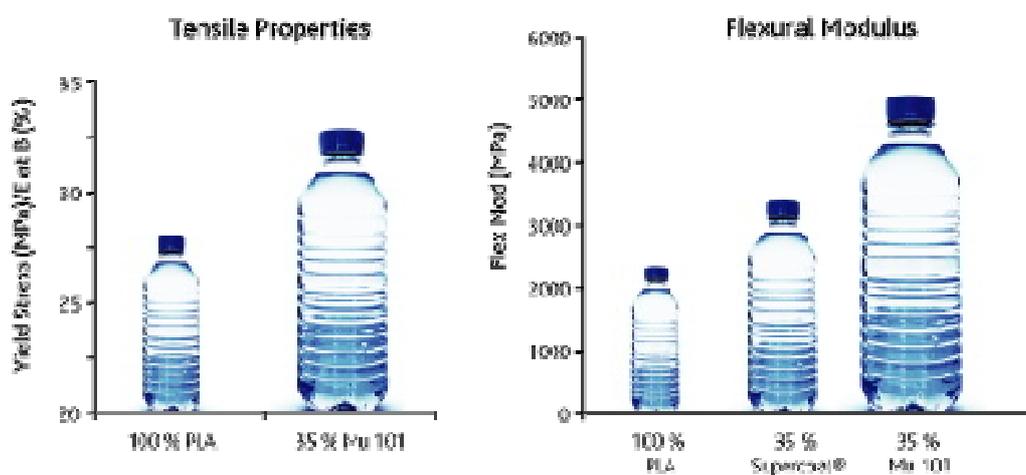
圖七 PLA 衝擊測試

因此許多人便添加一些添加劑讓聚乳酸的性質更好，強度更強。在生質塑膠中添加所謂的添加劑原則上不外乎有下列目的：增強產品的性質、改進加工特性以及降低成本，其中降低成本是最難但也是最必要的。以下為一些添加劑的簡介：

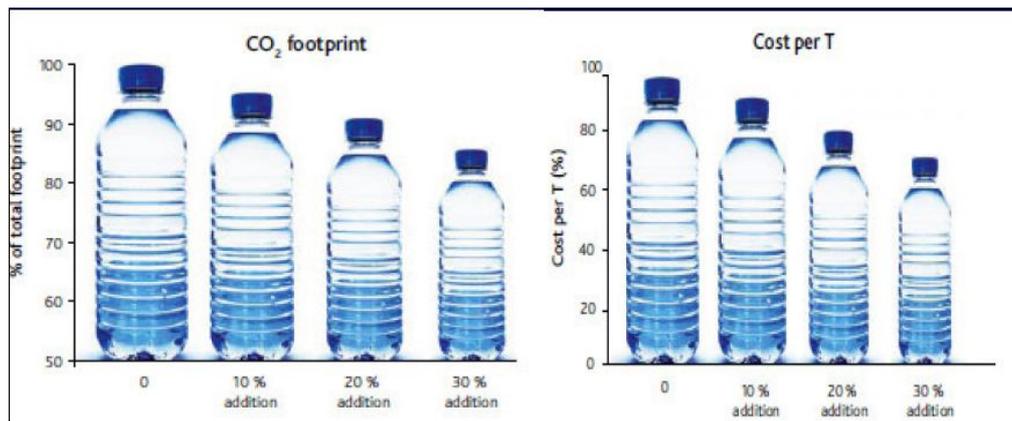
### 1、填充物與纖維—增進生質塑膠強度

一般加入填充物和纖維的動機和好處在下列幾項：降低成本、增強機械、熱穩定、以及流變性質，但是也可能會帶來下面幾個問題：喪失透光性、較差的著色性、流線性或是其他外觀的問題、降低生物可分解速率等。一般填充物的選擇有下列幾項：玻璃纖維、天然纖維(如：木頭纖維、亞麻等)、天然礦石(如：滑石、雲母、高嶺土、研磨過或小碎片狀的玻璃等)、無機碳酸鹽或硫酸鹽、澱粉、奈米等級的無機顆粒等。添加填充物必須考量的點在於：設備是否能使填充物均勻分布在生質塑膠上、填充物的顆粒大小、表面積、和作用的化學官能基、以及是否有適合的交聯劑使填充物與生質塑膠充分混合。

以下為一礦物填充物填充於聚乳酸作為增強強度材料的例子：添加雲母於聚乳酸塑膠中可改善尺寸穩定性(dimensional stability)、增強拉伸強度(tensile strength)、以及增加彎曲模數(flexural modulus)等；而添加工程級碳酸鈣(該公司取名為 Supercoat)會使聚乳酸變白，且不透明、亦有尺寸穩定性(dimensional stability)、以及增加彎曲模數(flexural modulus)的效果。加入 35%雲母和碳酸鈣所造成的強度改善、碳足跡和成本減少效果如下圖八、九所示：



圖八 加入 35%雲母(Mu101)和碳酸鈣(Supercoat)對拉伸及彎曲強度的影響



圖九 添加雲母量多寡對碳足跡與成本的影響

## 2、塑化劑

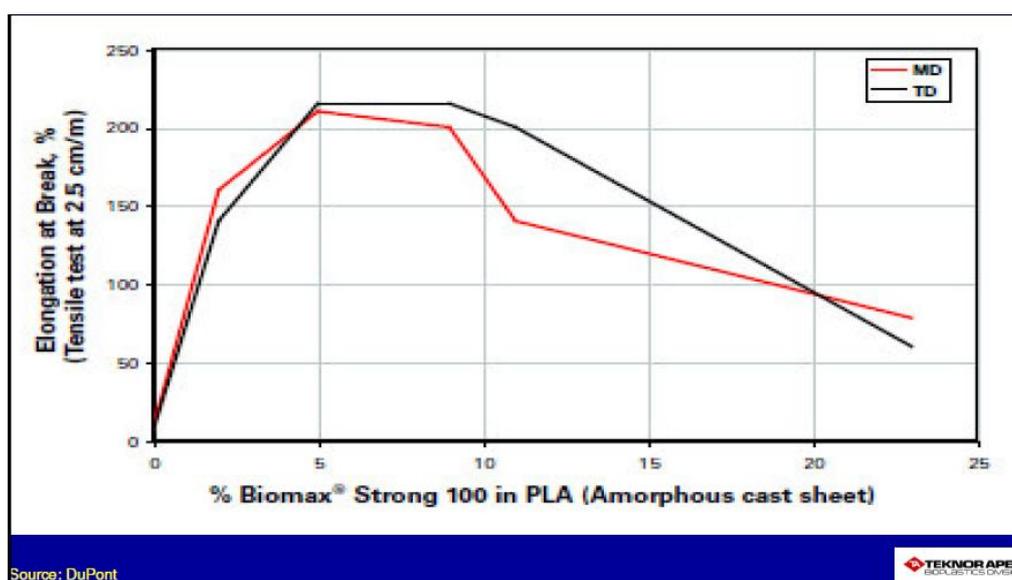
生質塑膠添加塑化劑在物理性質方面有以下的效果：降低硬度、較強的延伸性、改善彎曲壽命(flex life)、改善生質塑膠在低溫的特性、改變彎曲模數(flexural modulus)等；而在加工過程中可改變黏稠度與膠粘性、因而耗用較少的能源、也可以幫助填充物的加入及均勻分布等效果。一般用作塑化劑的材料幾乎以酯類(estere)s為大宗，如：檸檬酸酯、己二酸酯、甘油等。近年來為了安全及永續的考量，許多公司開發了生質料源製成的塑化劑以取代傳統用在聚氯乙烯(PVC)的塑化劑如鄰苯二甲酸酯等：Danisco公司開發了氫化蓖麻油為原料的塑化劑，產品名為GRINDSTED® SOFT-N-SAFE；BioAmber公司則開發了生質料源的琥珀酸酯，以取代己二酸酯和鄰苯二甲酸酯等傳統塑化劑，獲得Lanxess公司的採用與策略合作；Brazil's SGS Polimeros公司則開發了用蔬菜為原料，商品名為Olvex 51的塑化劑，目的是取代石化來源的塑化劑如DOA，DOP/DEHP等；PolyOne公司則發展了黃豆料源的商業化塑化劑產品，可直接取代butyl benzyl phthalate(BBP)，一個有毒性疑慮的石化塑化劑；Myriant公司亦從生質來源、高效能琥珀酸產品衍生製成可取代鄰苯二甲酸酯的塑化劑。

## 3、抗衝擊改質劑

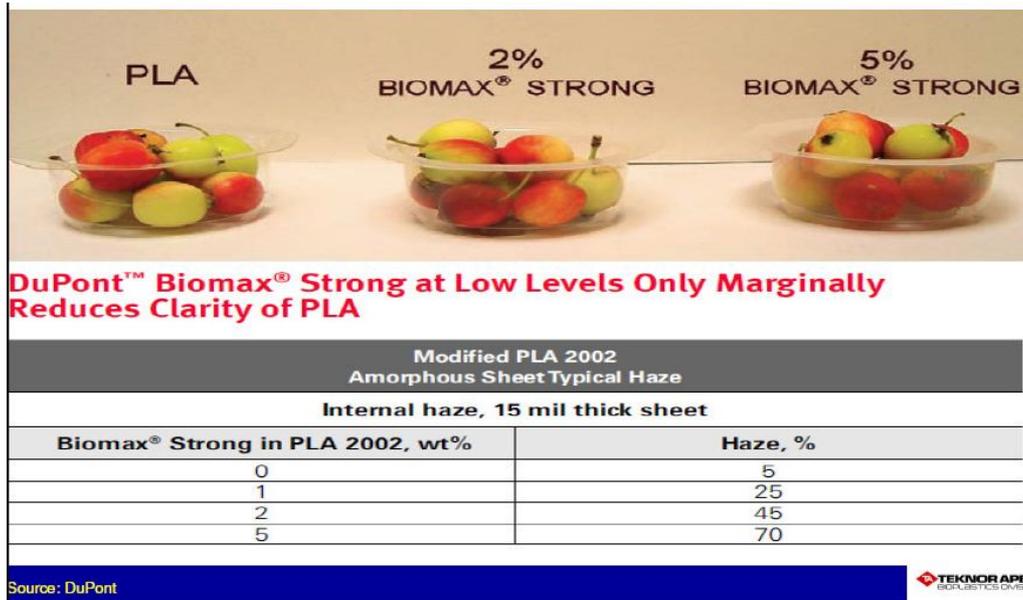
目前大部分是以加入橡膠為抗衝擊改質劑，通常加入的量為 15-25%，加入橡膠改質劑的特點為：改變模數(modulus)以及聚合物的分子量，也會改變黏滯性和加工過程，亦會增加成本，且會改變透光性，造成塑膠表面的模糊；另外，添加橡膠後生質塑膠很有可能變得不再生物可分解性。

另外一些抗衝擊改質劑亦有開發，如：聚氨酯彈性體(polyurethane elastomer)，其添加量可減少至約 5-10%，其與聚乳酸相容性好且在性質上達到好的平衡；脂肪族聚酯(aliphatic polyesters)與聚乳酸的組合顯示有極佳的延伸性和抗衝擊性質，Metabolix 公司發展的 polyhydroxyalkonates (PHA)是少數兼具強化聚乳酸堅硬度和維持生物可分解性的彈性體，此種彈性體混入量可高達 60%，而 10-20%為建議的範圍；另外，polycaprolactone 亦被拿來和聚乳酸摻混，但是摻混量超過 20%以上時其與聚乳酸相容性則變差，且聚乳酸硬度也沒有明顯的增強；脂肪/芳香族共聚合聚酯(aliphatic/aromatic polyesters)例如：巴斯夫(BASF)公司的 Ecoflex、杜邦(Dupont)公司的 Hytrel 材料在 5-30%的摻混時亦與聚乳酸有良好的相容性且強化了聚乳酸的堅硬度，即使是少量的摻混也可獲得極佳的拉伸性及良好的抗衝擊性質。

一般之聚烯烴系熱塑性彈性體和聚乳酸的相容性並不好，然而經官能基改質化後之聚烯烴系熱塑性彈性體(functionalized polyolefin elastomers)亦被用來和聚乳酸摻混做為抗衝擊改質劑之用途。例如 Kraton 公司的產品 FG1901X，在 10-30%摻混時可增強聚乳酸的堅硬度且對聚乳酸原來的物理性質、流變性質、以及光學性質等作一較佳的平衡；杜邦(Dupont)公司近年開發出了一種新型產品命名為 Biomax<sup>®</sup> Strong，在僅需摻入少量(5-10%甚至更少)便可明顯改善聚乳酸的堅硬度、抗衝擊強度，減少脆度，亦對聚乳酸本體僅帶來少許的不透光性。下圖為摻入 Biomax<sup>®</sup> Strong 比例對拉伸性質(圖十)及透光性的影響(圖十一)。



圖十 摻入 Biomax<sup>®</sup> Strong 比例對拉伸性質的影響，由圖可知在 5-10%效果最好

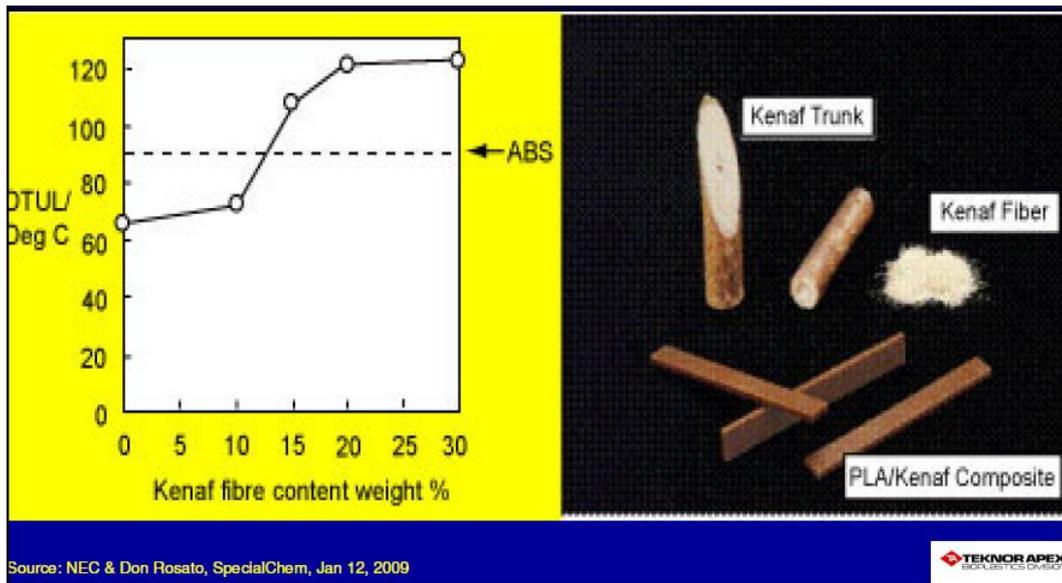


圖十一 摻入 Biomax® Strong 比例對透光性的影響

#### 4、熱穩定助劑

增加生質塑膠熱穩定的方法有下列幾項：增加聚乳酸結晶度(crystallinity)、增強聚乳酸的強度、摻入添加劑、加入可升高 Tg(熱解溫度)的其他聚合物、以及衍生出新的聚乳酸聚合物等。

NEC 公司開發出了添加 20%紅麻纖維(kenaf fiber)的聚乳酸產品，和傳統聚乳酸相比其熱變形溫度增高了 1.8 倍(從 67 °C 變成 120 °C)，其強度(彎曲模數)亦比傳統的聚乳酸增強了 1.7 倍，且在聚乳酸生成過程時其重要特性例如流動性和耐濕性等均未有明顯的惡化。此強化之聚乳酸熱穩定性甚至更勝過一般 ABS 塑膠或是用玻璃纖維強化的 ABS 塑膠，如下圖十二所示：



圖十二 聚乳酸添加紅麻纖維比例對熱變形溫度的影響

Teknor Apex 公司則是發展出 Terraloy™ BP-34001 和 BP-39070A 二種產品以改善 Ingeo 系列 Ingeo® 3801X 和 Ingeo® 2003D 聚乳酸產品，由下圖可知，BP-34001 增加了生質含量、降低循環週期、增高熱變形溫度，且其他性質亦有不同程度的增強，更重要的是，該產品亦維持了高抗衝擊的強度(圖十三)，其和一般聚乳酸熱穩定性的測試比較可見上圖六。而 BP-39070A 和 Ingeo® 2003D 相比，不僅維持了高生質含量比率及 FDA 食品等級規範，且增高了熱變形溫度與抗衝擊的強度(圖十四)。

**Teknor Apex Terraloy™ BP-34001 (Injection molding Grade) vs. Ingeo® 3801X**

Compound	Total bio	Cycle Time (sec)	FDA	HDT (°C) 66 psi	Tensile Modulus (MPa)	Elong (%)	Tensile Strength (MPa)	Flex Modulus (MPa)	Izod Notched (J/m)
Ingeo 3801X	71	50	NO	65	2980	8	26	2850	144
BP-34001D HDT PLA	78	35	YES	112	5044	6	34.8	4111	135

Source: Teknor Apex

圖十三 Terraloy™ BP-34001 和 Ingeo® 3801X 性質比較

**TA** **Teknor Apex Terraloy™ BP-39070A**  
**(Extrusion/Thermoforming Grade vs. Ingeo® 2003D)**

Maintain high bio-content      Improved HDT      Improved high Impact Toughness

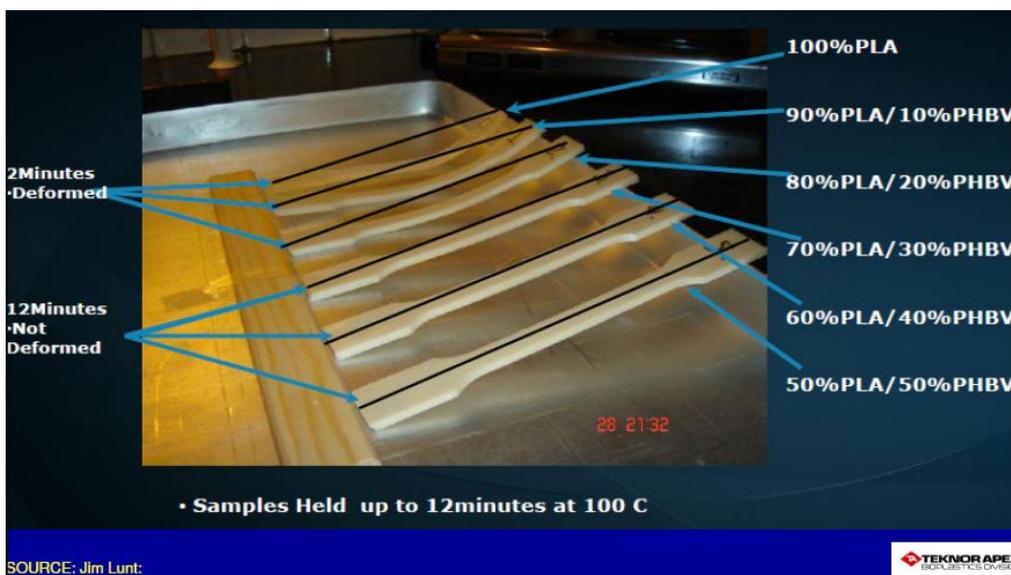
Compound	Total bio	Cycle Time (sec)	FDA	HDT (°C) 66 psi	Tensile Modulus (GPa)	Elong (%)	Tensile Strength (MPa)	Flex Modulus (MPa)	Izod Notched (J/m)
Ingeo 2003D	>90		Yes	55	3.5	6	53		16
BP-39070A HDT PLA	90		Yes	100	2.16	8	69	4458	68.9

Maintain FDA/Food Contact

Source: Teknor Apex 

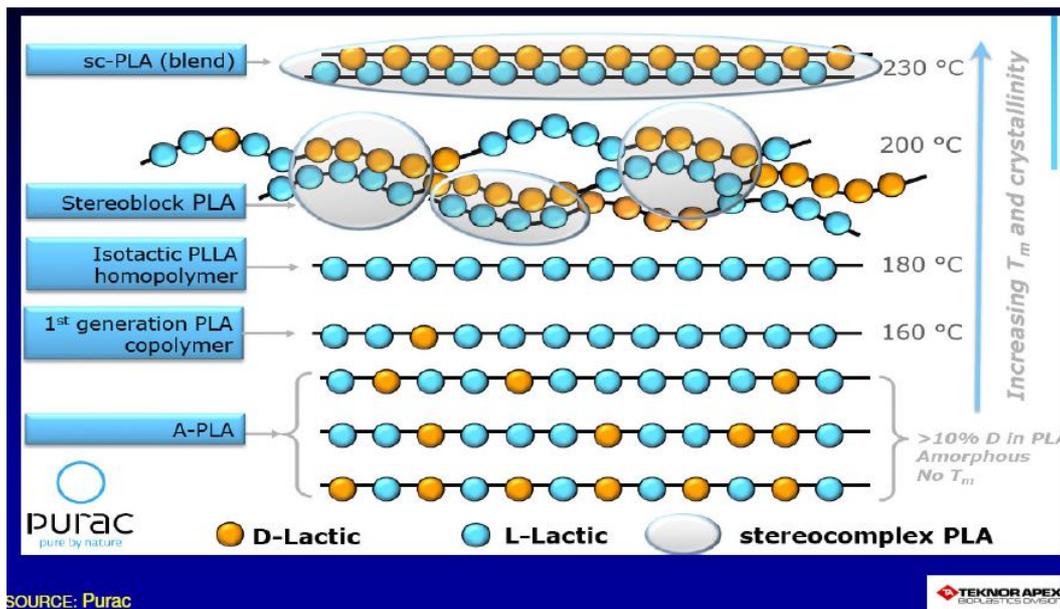
圖十四 BP-39070A 和 Ingeo® 2003D 性質比較

Jim Lunt 利用生物可分解聚合物 Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHBV)和聚乳酸共混以改良聚乳酸的熱穩定性質，其在 50/50 的摻混比例熱穩定效果是最理想的，熱變形溫度可從 52 °C 提高至 66.3 °C (圖十五)。



圖十五 PLA 與 PHBV 不同摻混比例的熱穩定測試

PURAC 公司則是用 D-form 與 L-form 乳酸二聚體不同組合聚合出不同的立體位向絡合的聚合物以改變聚乳酸的熱穩定性，利用 D-乳酸二聚體和立體位向絡合(stereo-complex)的聚合技術可使聚乳酸的熱穩定性可高達 180 °C。下圖為 PURAC 公司聚合物的結構示意和熱穩定溫度的關係(圖十六、十七)，當然，由於加入 D-乳酸的緣故，其價格是居高不下。



圖十六 PURAC 公司聚乳酸立體位向結構示意和熱穩定關係

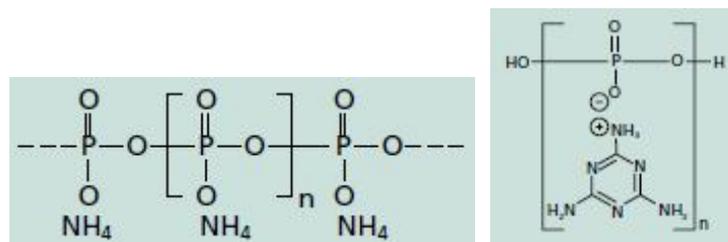


圖十七 一般 PLA 和 PURAC 公司開發之新型聚乳酸裝 100 °C 咖啡的差異

## 5、防焰試劑

目前世界上有三種主要的防焰試劑：含鹵素系列、含磷系列、以及礦物系列。由於毒性

和環保問題，近年來含鹵素系列防焰試劑的問題引起了相當大的關注。目前在性質方面最接近鹵素系列的防焰試劑為磷系試劑。德國 LANXESS 公司引入含磷化合物作為隔絕材料，可在聚氨酯(PU)遇火焰燃燒時產生一個膨脹的屏蔽；瑞士公司 Clariant 有一系列含磷系列防焰試劑產品名為 Exolit，可用於增強聚酯和聚醯胺防火之用。傳統的含磷化合物如 ammonium polyphosphate (APP)或 melamine polyphosphate (MP200) (結構如圖十八)，或是奈米粒子亦有應用加入聚乳酸中以增強防火性能的例子。



圖十八 ammonium polyphosphate(左)與 melamine polyphosphate(右)的化學結構

文獻記載有將聚乳酸及防焰試劑 APP 和碳源如澱粉、或木質素等混入羊毛和麻的不織布測試防焰性能，若是單純聚乳酸添加入不織布中，則防焰效果不彰，測試時會完全燒毀；但多添加 APP 和澱粉等碳源時則發生碳化(charring)及自我熄滅的效果；另外也有文獻指出，聚乳酸中添加 30% APP 時其 UL-94 防焰性能測試僅達 V2，但若在聚乳酸中添加 30% APP 外再添加 10%澱粉或木質素時其 UL-94 防焰性能測試可低達 V0 (圖十九)，而加入 10%纖維素時則無此效果。實驗結論是，木質素或是澱粉是更有效的碳源，防焰試劑除添加 APP 外，再添加木質素或澱粉的防焰效果最好。

Formulations	LOI	UL-94
100 % PLA	21	non classified
70%PLA + 30%APP	37	V2
60%PLA + 30%APP + 10%PER	58	V2
60%PLA + 30%APP + 10%lignin	32	V0
60%PLA + 30%APP + 10%starch (maize)	47	V0
60%PLA + 30%APP + 10%starch (potato)	44	V0
60%PLA + 30%APP + 10%cellulose	41	V2
60%PLA + 30%APP + 10%keratin	44	V2

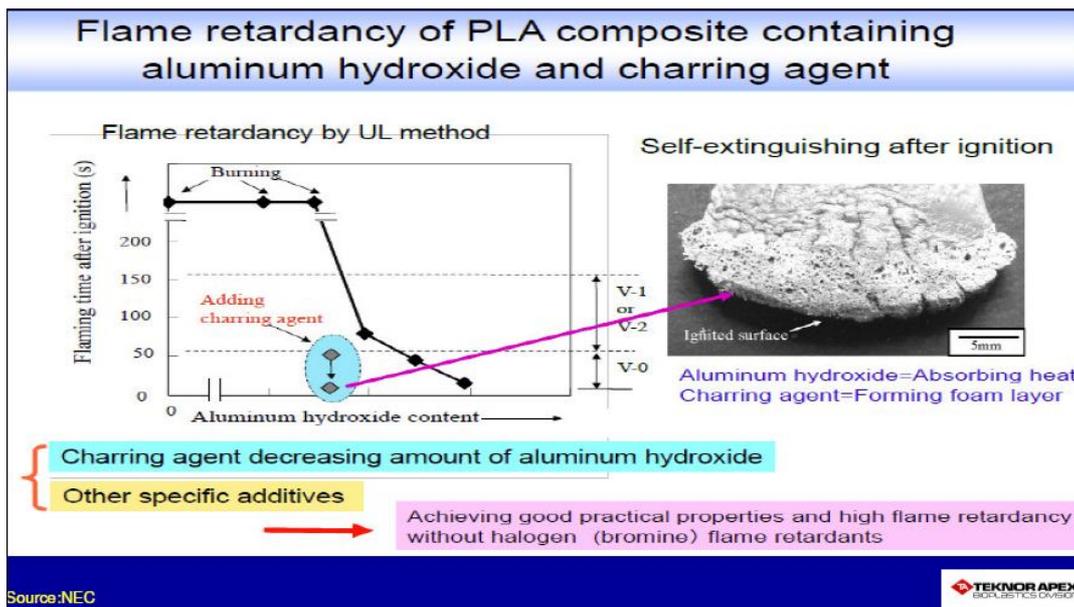
**Most efficient carbon sources: lignin and starch**

Source:UMET

TEKNOR APEX  
BIOLUBRICS DIVISION

圖十九 聚乳酸與不同添加物的 UL-94 防焰性能測試

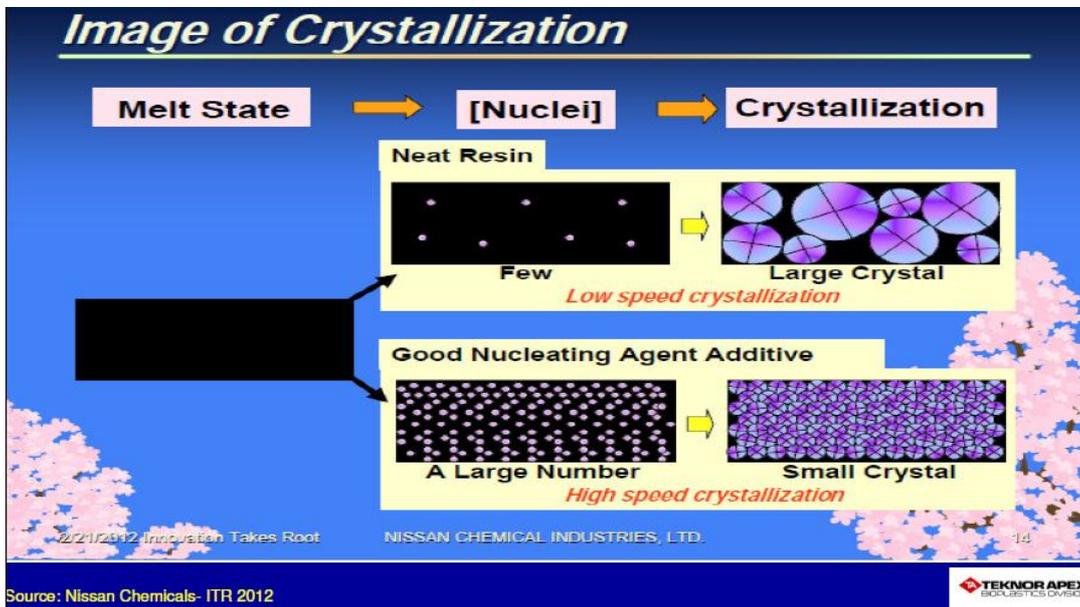
NEC公司發展出一種新型不含鹵素的聚乳酸防焰產品，將聚乳酸添加氫氧化鋁和 charring agent，一種安全添加物，可使其達到極佳的防焰性能。該產品的生質含量超過 75%，化學安定性佳，且塑膠成形性佳，減少成形花費的時間，這類產品已應用在個人電腦和投影機中。加入氫氧化鋁目的是吸收熱能及空氣中水分，而 charring agent 的添加可使防焰性能達到最佳化及減少氫氧化鋁添加量的效果，產品經點燃測試後會自我熄滅(圖二十)。



圖二十 NEC 公司聚乳酸防焰產品簡介說明

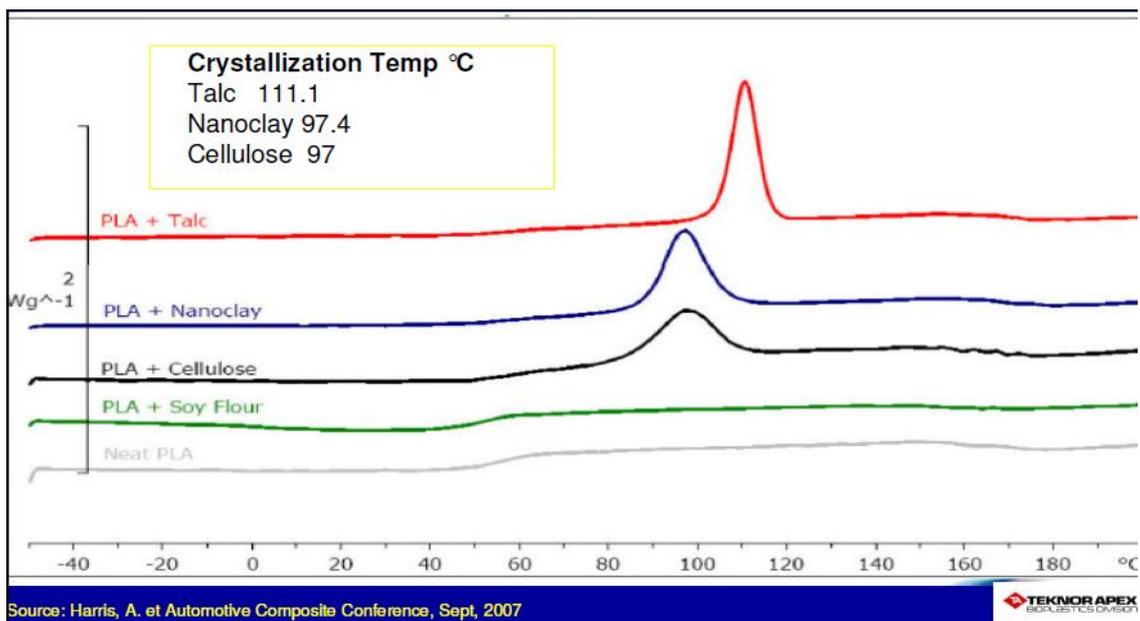
## 6、成核劑 (nucleating agent)

由於聚乳酸本身結晶速率很慢，造成加工後等待冷卻成形時間很長，因此需要加入成核劑以幫助聚乳酸結晶，以增快冷卻成形的速率。示意圖如下：



圖二十一 聚乳酸結晶示意圖

在 2007 年 9 月車輛複合材料會議中，Harris A.等人發表了聚乳酸在添加不同天然材料作為成核劑的結晶效果(圖二十二)，在所有的材料之中發現添加滑石的效果是最好的，因此滑石常被當作成核劑的添加物。



圖二十二 不同天然成核劑對聚乳酸結晶溫度的影響

Takemoto 公司開發出了一種新型芳香磺酸化合物作為成核劑，商品名為 LAK-301，和一般滑石需用 10%相比，在僅需 1%的用量下，LAK-301 可讓聚乳酸的結晶溫度更高，結晶效果更好(圖二十三)。使用 Ingeo 系列聚乳酸(ingeo™ 2002D、3001D 及 3251D)測試結果發現商品 ingeo™ 3251D 的結晶效果最佳，添加量亦僅需 1%即達到最佳效果。

Additive	loading	cooling time	crystallizing temperature
None	-	>300sec.	-
LAK-301	1%	55sec.	108.0degC
ref. Talc	10%	75sec.	92.5degC

Source : Takemoto

TEKNOR APEX  
BIOPLASTICS DIVISION

圖二十三 添加 LAK-301 與滑石對聚乳酸結晶的比較

## 7、熔體強度增強劑

Arkema 公司開發出了一種針對聚乳酸加工時熔體強度增強劑，商品名為 Biostrength® 700，其特點除增強熔體強度和熔體黏度，增快流線速度和生產速率外，亦保持了聚乳酸的透明性。圖二十四為加入 4%增強劑的測試圖，和圖四相比有明顯的改善。



圖二十四 加入 4%增強劑之聚乳酸熔體強度測試

## 8、脫模劑

Arkema 公司開發出了一種聚乳酸加工金屬脫模劑，商品名爲 Biostrength<sup>®</sup> 900，由圖二十五可明顯看出，未添加脫模劑時聚乳酸易沾黏在金屬模上很難拉出，在添加 3%及 5%金屬脫模劑後有明顯的改善。



圖二十五 聚乳酸未加入脫模劑(左)及加入 3%(中)、5%脫模劑(右)之拉出效果

### (二)、第七屆「2012 生質聚合物研討會」(Biopolymer 2012 Symposium)

第七屆「2012 生質聚合物研討會」研討內容結合了各式各樣領域與題材，有國際著名大廠如 GOODYEAR、Ford、NIKE 等公司發表近年來在生質材料上的努力，有針對永續料源開發生質化學品的努力成果，有與其他公司合作共同開發的策略聯盟成果，也有針對現今生質材料進一步改質或創新性生質材料開發以達更高強度之應用成果，還有生質材料例如聚乳酸回收計畫、最終處理、以及推廣應用在生物堆肥方面的測試計畫等。演講內容摘要如下：

#### 1、國際著名大廠在生質材料方面的成果

##### (1)、GOODYEAR 的生質異戊二烯(isoprene)

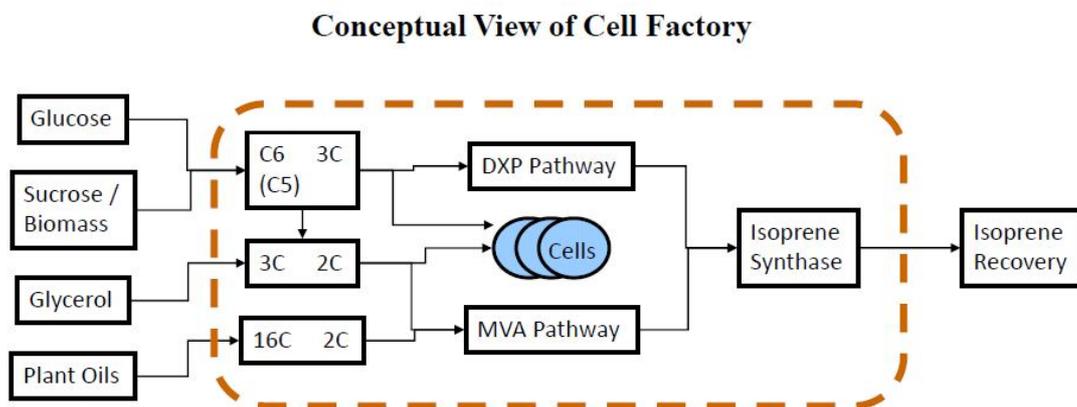
現今世界上輪胎材料的來源有下列幾項：天然橡膠、從石油原料裂解而來、化學合成等，其中超過 70%以上原料從石化原料得來。全世界每年製造天然橡膠的量高達 200 億磅，其中超過 70%則是用來製造輪胎。天然橡膠抗磨損等優異物理特性使其成爲高等級用途輪胎(如：飛機、卡車、軍事用途等)的主成分材料，天然橡膠的來源爲橡膠樹(Hevea Brasiliensis)，種類單一，目前合成的聚異戊二烯(polyisoprene)是最佳的替代品但異戊二烯單體產量相對稀少。天然橡膠供應的威脅有下列幾項：全球目前的需求量遠超過供應量、橡膠樹的生長地區(東南亞、西非)政局的不安定性、經濟的不安定性、以及因橡膠樹基因缺乏多樣性造成的廣泛植物

病害。因此，天然橡膠供應鍊的明顯威脅是存在的！

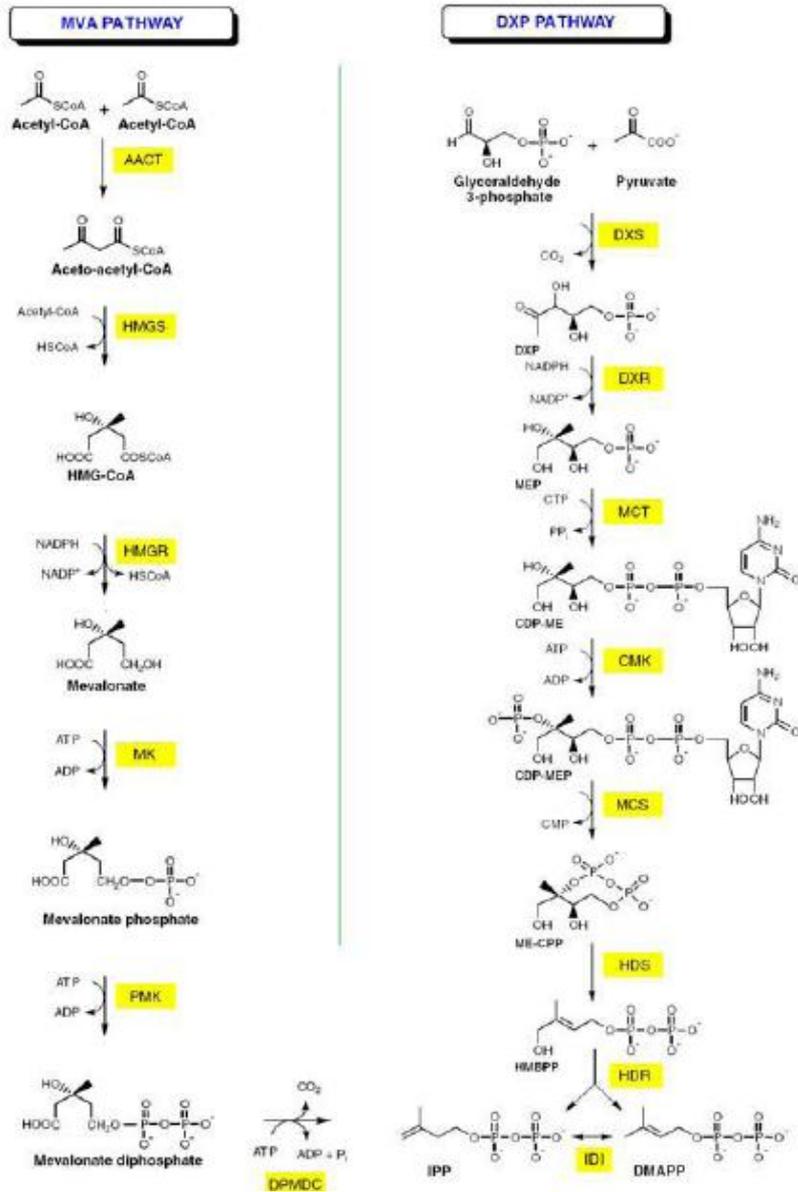
另外還有從石化原料獲取異戊二烯的路徑，然而其缺點就是單體異戊二烯價格會和石油價格高度相關，而化學合成方法價格昂貴且原料也須從石油得到。GOODYEAR 開發生質異戊二烯著眼於下列幾點：降低對天然橡膠料源的依賴、降低高昂油價對原料異戊二烯的衝擊、減少異戊二烯對石化製程的依賴、單體供應的安定性、對降低橡膠供應鏈花費有可觀的潛力、及具有未來提高橡膠產品性能的潛力等。

GOODYEAR 目前與 GENENCOR 和 Dupont 共同合作開發生質異戊二烯，其產品名爲 BioIsoprene™，GENENCOR 擁有生產基因改造微生物供作工業生產之用的技術，也有從生物料源開始製造生質異戊二烯的完整能力；而 GOODYEAR 擁有製造聚異戊二烯(polyisoprene)的技術，也是純化分離、處理、儲存、以及輸送異戊二烯專家。

下圖二十六爲製造 BioIsoprene™ 的概念示意圖，葡萄糖加入蔗糖等生質原料、甘油、植物油等各種料源後，在基因改造菌種內 DXP、MVA 二種生合成路徑生成異戊二烯前驅物，再以異戊二烯合成酵素(isoprene synthase)生合成異戊二烯，最後再將生成的異戊二烯純化分離，圖二十七則爲 DXP、MVA 二種生合成路徑機制。



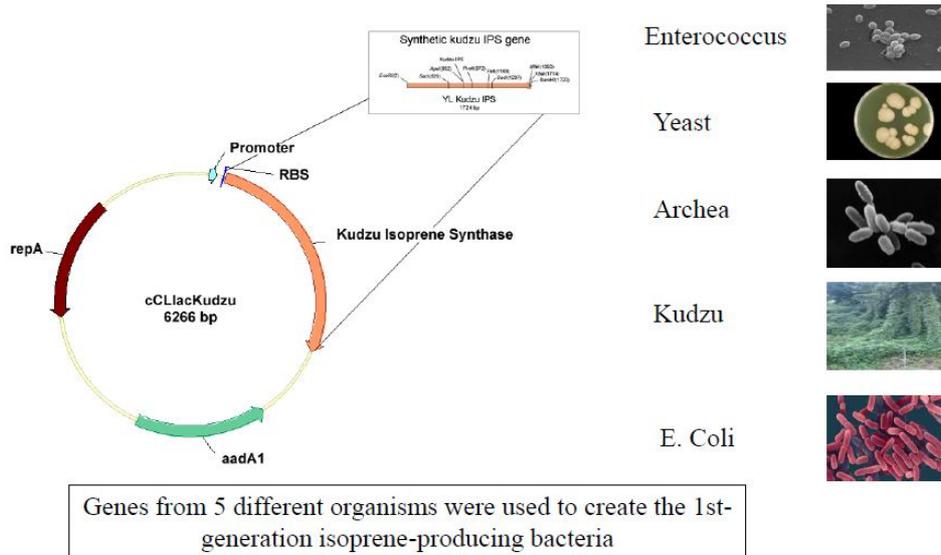
圖二十六 生質異戊二烯生合成製造概念圖



圖二十七 DXP、MVA 生合成路徑機制

下圖二十八為基因改造生產生質異戊二烯基因序列，由圖可知生產第一代生質異戊二烯菌株基因序列來源是從五種不同菌種得來。

## Genetic Engineering Optimizes Bacteria for Isoprene Production



圖二十八 生質異戊二烯菌種基因來源

利用生質異戊二烯做成的聚異戊二烯 GOODYEAR 命名為 BioNatsyn™，其和一般石化製程生產的聚異戊二烯性質強度相比是毫不遜色，並且展示出以 BioNatsyn™製造的概念輪胎投影片。演講最後演講者認為在 2010 年未來異戊二烯應列在具潛力生質化學品的名單之列。

### (2)、Ford 在生質材料方面的應用成果

福特汽車對生質材料遠景是確保公司產品成為可再生原料製成的材料領導，並且不能對產品品質、耐用性、性能及經濟效益有任何的妥協。關鍵地方在於需選擇技術和經濟效益可行之可回收及可再生資源製造的材料，且在製成產品品質、耐用性、性能及經濟效益等不能有任何的折扣，並盡可能地逐年增加其可回收及可再生資源製造的材料用量。現今一輛汽車上使用的塑膠超過 300 磅，用在車子外觀、內部、引擎蓋下及電子用途等，超過 100 種不同等級的塑膠使用在汽車上，而這些塑膠必須在外觀、剛性、耐受性、重量、耐久性及成本上符合要求；現今車用塑膠的挑戰在於：和鋼鐵材料的競爭、繁複的處理技術、石化來源的塑膠價格和油價波動的高度相關、及使用終期材料可回收的困難度因為車內塑膠的組成包含了多種塑膠，因此仍然有許多機會使目前的塑膠材料的發展更永續性！

然而，車用塑膠也有許多獨特的挑戰，像是汽車內部嚴苛的環境如：需耐受高溫達 85 °C、相對濕度達 90-95%的環境下，需承受太陽光線的照射、且必須在一般汽車壽命年限-十年或十萬英里之下維持一定的性能；一些生質塑膠在高熱或是水氣條件之下會自行分解，因

此選用時需在耐用性和生物可降解性做一平衡；在材料加工過程中循環時間亦不能太長，且還需要有廣泛的供應鍊。新的塑膠材料目前仍難與一般日用塑膠做競爭。

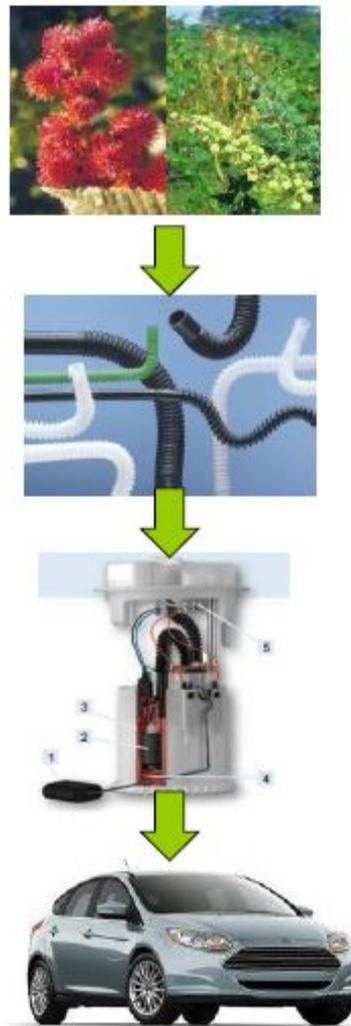
福特公司目前成功商品化的生質材料之一是衍生化的大豆油作聚氨酯(PU)發泡劑，其聚氨酯材料用在車輛頂蓋及車內座椅上(如圖二十九左)，目前在這方面技術居於領先地位，且是第一個 OEM 推廣在生產及技術轉移在非汽車用途上，現今超過 5 百萬輛福特汽車是用大豆油發泡座椅，且每年可降低 5 百萬磅石油消耗量與二氧化碳排放量達 2 千萬磅。除大豆油外，未來福特將會在其他生質料源上開發新的材料(圖二十九右)以增進材料的永續性。



圖二十九 福特的生質發泡材料及其他生質原料的開發

福特也在生質聚乳酸改良以達到耐用用途上進行研究，如聚乳酸添加成核劑(nucleating agent)、抗衝擊改質劑(impact modifier)、濕氣抑制劑(moisture inhibitor)等，或是聚乳酸摻混在其他樹脂(如：PC、ABS 等)上，聚乳酸系列在汽車方面的應用有許多挑戰亟待克服：耐用性、抗衝擊特性的需求、熱變形溫度的改善、以及加工過程的困難等。除聚乳酸外福特亦有可從一種俄羅斯蒲公英和銀膠菊提煉，美國國內可生產之高品質天然橡膠研究，未來潛在應用方向在聚烯烴系熱塑性彈性體(TPO)添加物或是汽車內部裝飾的生質塑膠等。另外，福特亦從蓖麻籽油(caster bean oil)提煉出聚醯胺(polyamide)單體原料，其好處是料源為非糧食原料，產品聚醯胺擁有高機械強度、也擁有極佳的化學和應力龜裂(stress cracking)耐受性、高熱變形溫度

及低吸濕性，未來可能成爲符合成本效益的金屬或橡膠等高強度材料替代品。目前福特已開發 100% 蓖麻籽油來源的 Nylon 11 用在油箱裡的燃油管(圖三十)，共 95% 的福特汽車使用此種產品，每年可降低 1 百萬磅的石油消耗，和之前的材料 PA12 相比每年可減少二氧化碳排放約 110 萬磅，未來極可能應用在其他高性能材料用途上。



圖三十 福特的蓖麻籽油生質耐綸及其在汽車上的應用

最後演講者介紹了福特和可口可樂、Heinz、Nike、P&G 等五家公司在 2012 年六月宣佈組成的策略合作聯盟(圖三十一)，共同集中開發 100% 植物料源的生質 PET 材料及其在產品上的應用發展。



COCA-COLA, FORD, HEINZ, NIKE, AND PROCTER & GAMBLE  
FORM COLLABORATIVE TO ACCELERATE DEVELOPMENT OF  
PRODUCTS MADE ENTIRELY FROM PLANTS

Five Global Companies Demonstrate Their Strong Commitment to  
Sustainable Innovation

圖三十一 福特、可口可樂、Heinz、Nike、P&G 等五家公司的策略合作聯盟

### (3)、Nike 在生質材料方面的應用策略

眾所皆知，Nike 是做運動系列相關服裝、鞋子及運動器材等的廠商，其初級原料含聚酯、橡膠、EVA 發泡材料、合成皮、棉、皮革、聚氨酯及發泡材料等多樣化的原料，其中石化原料佔了 60%左右的規模。對於消費者連結端而言，除了會注意材料生質料源組成比率外，還會注意其產品和生質原料的關連性、性能強度以及產品盛行率等，當然從經濟的角度來看，更會注意其生產效率、規模及價錢等因素。Nike 對於生質料源的選擇有以下考量：目標化學品及材料是否能和生質材料搭上關係、技術現況到什麼程度、價錢、以及材料的生命週期分析等。

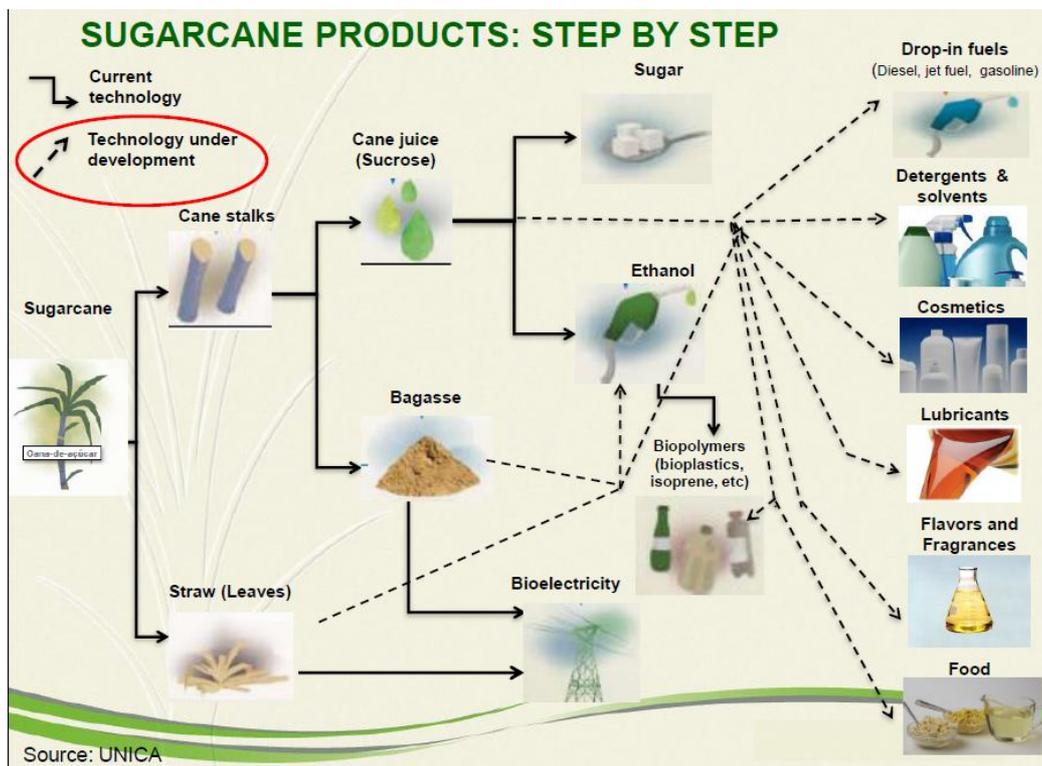
目前 Nike 公司利用大豆油為原料來源，進行其生質材料的開發，近年開發出一種革命性新的鞋類產品名為 GS Performance Traction Plate，其原料組成含 50%名為 Pebax® Rnew(一種含 95%生質料源組成的新材料)及 50%生質聚氨酯(材料含 32%生質料源)，鞋墊部分則採用生質組成的發泡材料，鞋跟部份則採用 Pebax® Rnew(材料組成含 77%生質料源)，其耐用性經過測試皆通過考驗，現場演說時並且拿出實體產品給聽講人員觀賞。Nike 在未來對生質材料的規劃期程如下：第一代生質材料從 2010 年開始，以醣類和糧食料源為主，第二代生質材料期程預計從 2017 年開始，開始使用纖維料源及生物質脂質，第三代生質材料預計從 2022 年開始，預計使用各式各樣的工業廢棄物及都市廢棄物作為原料。相信在未來會推出更多及更好，生質原料組成且能讓消費者廣為接受的生質產品！

### 2、一些生質化學品的近況發展

## (1)、生質乙醇及衍生之生質產品近年的發展

### i、巴西 UNICA 在甘蔗酒精的發展

UNICA 是巴西甘蔗工業的領導協會，代表了超過 130 家在巴西的生產商和工廠，在巴西佔有超過 50% 生質酒精和 60% 糖的生產量。作為新興的生質電力領導目前提供的生質發電可滿足巴西 2% 電力總需求量。目前甘蔗是巴西再生能源的最主要來源，為繼石化原料後的第二大能源來源，每年產出了 3350 萬噸的糖、70 億加侖的酒精、以及 16000 GWh 的電力，從 1975 年起使用酒精，因而減少了約 6 億噸的二氧化碳排放。目前巴西對甘蔗的利用如下：甘蔗取莖的部份榨成甘蔗汁，蔗汁部分再提煉製成糖或酒精，酒精則可作為生質燃料、及生質塑膠等；甘蔗收割的葉子等農業廢棄物及甘蔗榨汁剩下的蔗渣則收集起來作生物電力的來源，未來技術規劃會朝向蔗渣等廢棄物亦能作為料源產生酒精及產品酒精在工業上更多的應用。其技術簡要敘述如下圖三十二所示：

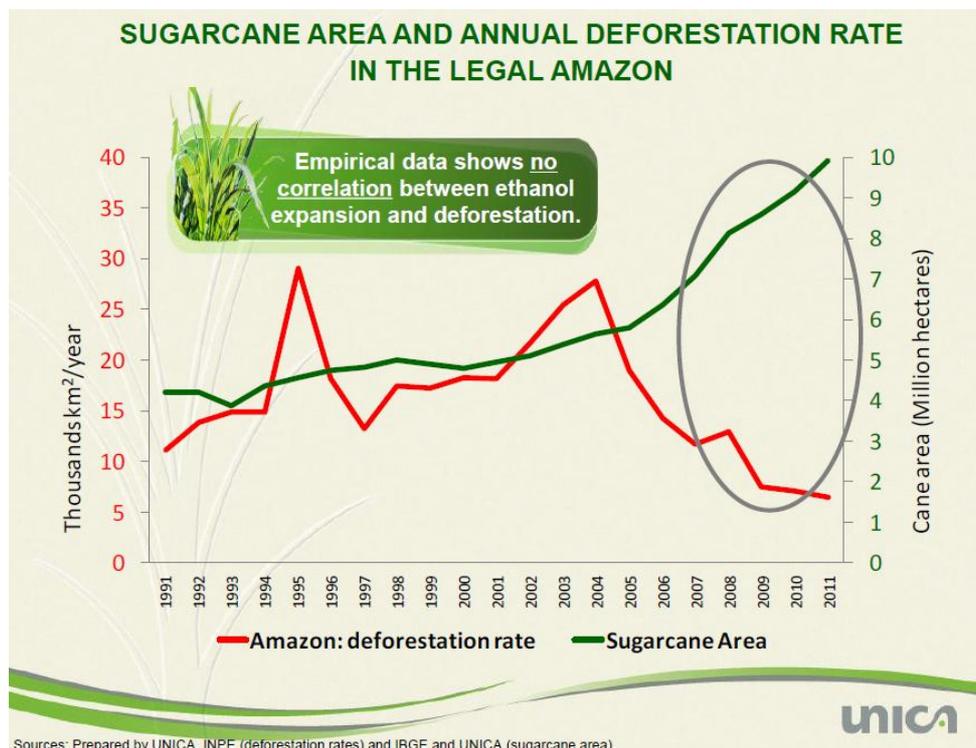


圖三十二 UNICA 目前及未來在甘蔗方面的應用

巴西目前約有 3.17 億加侖甘蔗酒精用作非燃料用途，這之中大約一半用在生質化學品工業，預計到 2015 年該行業需求量會增加達五倍之多，大約佔甘蔗產量的 5%。利用酒精可製

成乙烯，再進一步可做成乙二醇，其為生質 PET 的重要來源，若是以每 1 千萬瓶 2 升 PET 瓶為基準，含量 30%生質成分可計算出需使用 18000 加侖的酒精，未來若是使用 100%生質成分則可計算出需使用 60000 加侖的酒精；而 30%生質含量的 bio-PET 可減少 550 噸二氧化碳排放，相當於 78.54 顆本土樹種一年的吸收量。

現今巴西主要種植甘蔗地區集中在南部中央及東部區域，亞馬遜等熱帶雨林區則是受保護不能種植任何作物，也禁止在原生植被地區擴產甘蔗，甘蔗主要產區距亞馬遜等熱帶雨林區有 2000-2500 公里遠，且政府核准可種植甘蔗的區域僅佔約巴西全國國土的 7.5%，目前種植甘蔗區域則佔約 1%。由環保機關決定合格執照的核發及公家經費資助的甘蔗加工廠須遵守承諾等方式來落實保護措施。另外統計資料顯示，在 2005 年以後甘蔗生產領域的擴張和亞馬遜森林被破壞速率是呈現反比(圖三十三)，由種種資料顯示甘蔗酒精的擴產和砍伐熱帶雨林沒有任何關係。



圖三十三 近年甘蔗生產面積和亞馬遜森林被破壞速率的比較

在社會責任方面，UNICA 和甘蔗供應商 ORPLANA 與 São Paulo 州政府共同推出了一個自發性的綠色協議，目的是用機械收割的方式取代傳統用火的方式收割甘蔗，目前已約有 65%

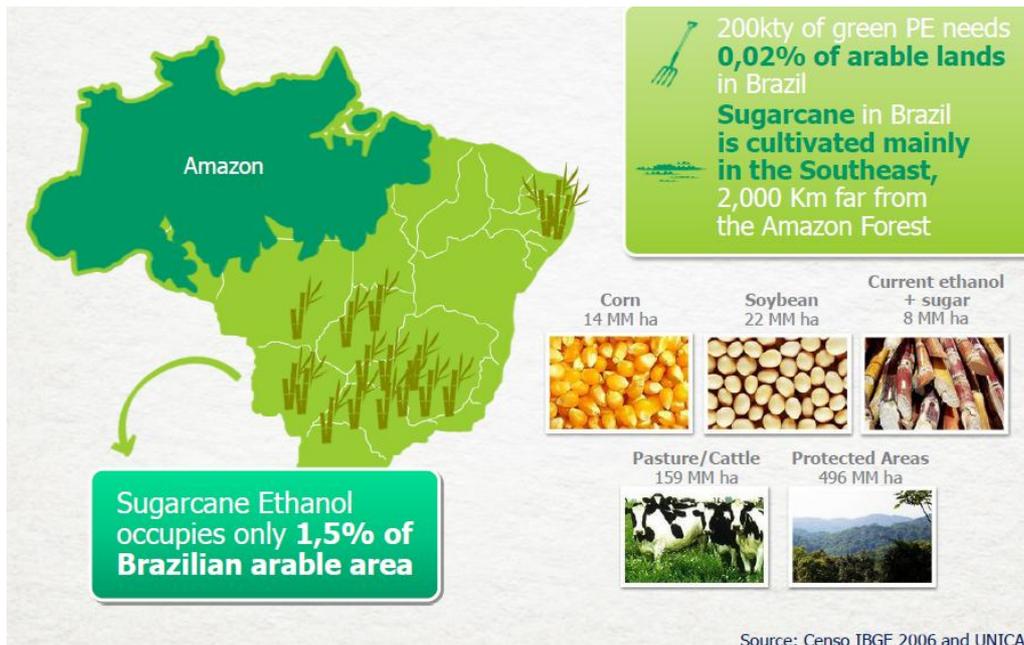
的地區採用機械收割方式收取甘蔗；另外在甘蔗加工廠投資水回收再利用設備於工業製程上，以達節水的目的，2011 年目前每榨一噸甘蔗需 1.45 立方米的水量，和 90 年代榨一噸需 5 立方米的水量相比進步很大，2014 年預計目標是減少至榨一噸甘蔗僅需 1 立方米的水量。

傳統製造酒精的方式是用糖等原料製酒精，利用 M&G，DSM，Novozymes 等公司的技術，未來巴西 GraalBio 將開始利用蔗汁添加纖維素原料如：蔗渣等農業廢棄物生產酒精，此計畫預計在 2013/14 年，於 Alagoas 地區開始生產年產量約 2160 萬加侖的酒精，和傳統方式相比預計可增加 35%酒精生產量。

## ii、Braskem 公司簡介甘蔗轉化之生質乙烯與丙烯

Braskem 公司為全世界生質塑膠的領導供應廠商，在全世界有 35 家工廠生產據點。2010 年 9 月 24 日在巴西南部已有一年產量 20 萬噸生質聚乙烯工廠開始投產，投資金額為 2 億 9 千萬美元。生質聚乙烯的原料為甘蔗酒精，將甘蔗搾取所得之糖份轉化成酒精，再以脫水反應將生質酒精轉化成生質乙烯，生質乙烯再以聚合的方式製成生質聚乙烯，生質聚乙烯即可用現有的加工方式製成許多相關產品，且亦可在現行的系統做回收再利用的動作。

目前 1 公頃的土地約可產出 82.5 噸的甘蔗，其可生產出 7200 公升的生質酒精，酒精經過轉化可產生約 3 公噸的乙烯，乙烯再聚合可生成 3 公噸聚乙烯，因此 Braskem 公司年產量 20 萬噸的生質聚乙烯約需要 4 億 6 千萬公升的酒精，換算大約 65000 公頃的土地，僅需要大約 1.7%巴西生質酒精產量及 0.02%巴西可耕地。又根據 UNICA 及 Censo IBGE 2006 等資料，巴西甘蔗酒精生產量僅佔巴西可耕地的 1.5%，且主要種植地區距亞馬遜地區有 2000 公里遠，由下圖三十四的數據顯示其實 Braskem 公司生產生質聚乙烯並不會破壞熱帶雨林及競爭糧食作物的生產！



圖三十四 巴西甘蔗生產區域地理位置和其他地區數據比較

利用生質原料方式製造聚乙烯除外觀和性質一模一樣外，其製造和回收過程也可套用現有傳統製造及已經建立的回收方法，在碳足跡方面，石化原料產品如製造 1 噸 PE 產生二氧化碳量達 2.1 噸，PP 則為 2.0 噸；而生產 1 噸生質 PE 則可減少二氧化碳排放量達 2.5 噸，生質 PP 則可減少 2.3 噸，由此可算出每年生產 20 萬噸生質 PE 大約可減少二氧化碳排放量達 92 萬噸。除減少碳排放外，生質乙烯及丙烯和一般石化製成產品如 PE、PP 等相比在亦減少了能量消耗，但相對地耗水量則稍多。Braskem 公司 2010-14 年第一階段期程為進入市場，將實際聚合設施達最大化以加速進入市場的時間，目前已有年產量 20 萬噸生質 PE 廠並利用現有的技術要達成至少 3 萬噸生質 PP 的產能；2015-19 年是成長階段，將有更多的生產量及改良的技術以滲透市場；期望至 2020 年達合併階段-利用永續成長的路徑整併生質 PE 及 PP 市場。

## (2)、生質琥珀酸生產廠商近年的發展

### i、Myriant 公司琥珀酸生產近況

一般消費者需求的”綠色”產品是：較少的碳足跡、沒有額外的”環保”溢價(也就是較貴的價格)、要有卓越的性能、且屬於非糧食來源製成的。和生質料源葡萄糖相比，近年來石油價格的波動變化很大且價格較昂貴，因此在原料價格方面生質原料和石化原料相比是具成本優

勢的。一般石化製程是原油經石化分餾或裂解程序取得丁烷或苯以後再用石化製程生產 maleic anhydride，再以氫化方法獲得琥珀酸甲酯或 1,4-丁二醇，1,4-丁二醇則可衍生製成 THF、GBL、NMP 等各式各樣的化學品；Myriant 公司取可再生料源，利用生物方法，大腸桿菌(E. Coli)發酵的方式取得琥珀酸，Myriant 獨特的生物基因技術、發酵製程放大、以及下游製程的最佳化使得產品邁向實際的工業量化生產，且在選擇性、產量、及目標產品產率上可和石化製程相比擬。在取得美國能源部(DOE) 5000 萬美元的 cost sharing award、美國農業部(USDA)2500 萬美元商業和工業貸款保證(B & I loan guarantee)及 Lake Providence 港口管理委員會和路易斯安那州運輸和發展部 1000 萬美元資助後，Myriant 在路易斯安那州 Lake Providence 地區興建了一座年產量 3000 萬磅(約 1.36 萬公噸)的琥珀酸生產工廠，預計將於 2013 年 Q1 開始投產，創造了 50 份全職工作、250 份建築工作、和超過 250 份間接工作機會。Myriant 在全球亦有其他合作伙伴：泰國 PTT 化學品公司投資 6 千萬美元及帶來了東南亞的商業化技術，日本的 Sojitz 公司則獨家負責琥珀酸在日本、中國大陸、及南韓的營銷和分銷市場，Davy Process Technology 則負責將生質琥珀酸轉變成化學品 1,4-丁二醇等並整合琥珀酸及 1,4-丁二醇製程以降低資本和營運支出，Uhde GmbH 則為工程承包公司，專精於化學及其他工廠的建廠，在工程、採購與施工建造生質琥珀酸工廠方面進行合作聯盟。下圖三十五為 2012 年 8 月 Myriant 生質琥珀酸工廠場景：



圖三十五 2012 年 8 月 Myriant 公司生質琥珀酸生產廠一景

Myriant 開發出多樣化的料源如：高粱、葡萄糖、甘蔗、甜菜、玉米等生產生質琥珀酸，甚至開發出纖維如蔗渣、玉米桿等非糧食原料用來生產，目前則是以高粱為主要原料來源。而琥珀酸和其衍生的 1,4-丁二醇則為許多生質聚合物的原料例如：酯類塑化劑、不飽和聚酯、PET 不織布纖維的共聚物、聚酯的熱熔性黏合劑(hot melt adhesives)、聚氨酯(PU)和熱塑性聚氨酯彈性體(TPU)原料等，琥珀酸和 1,4-丁二醇共聚合塑膠 polybutylene succinate (PBS) 可用作彈性薄膜及食品包裝，1,4-丁二醇和 terephthalate 共聚合的 poly(butylene terephthalate) 可用作工程塑膠.....等多樣化的用途。在 Myriant 及其他公司的努力下，實際商業化供應生質來源塑膠原料的技術障礙正急遽下降，然而生質塑膠的大規模採用及非糧食原料供應鏈的商業化障礙仍然存在。Myriant 認為，若是產品性能優異、沒有“環保”溢價和較少的碳足跡，則生質塑膠市場障礙將會降低。

## ii、Reverdia 在生質琥珀酸的發展近況

Reverdia 公司為生技及材料公司 DSM 和利用可再生原料(澱粉)製造食品原料與生物基產品全球製造商 Roquette 的合資公司。Reverdia 致力於成為全球永續性琥珀酸產品的領導品牌，藉由客戶的需求和 Reverdia 的優勢，與直接和間接客戶建立市場發展合作夥伴關係。面對現今環保議題及全球氣候變遷的關注，未來世界的趨勢在於使用環保永續的材料，以降低對石油的依賴。Reverdia 的商業化策略在以下三個方面：

技術：世界級的酵母發酵技術。發展出永續且突破性的領先技術，為客戶提供最高等的品質以滿足嚴格的材料需求，並早期就與客戶合作確保規格得以讓客戶滿意。

商業模式：在製造和銷售方面，分階段的方式生產和擴大，以提供世界各地區的客戶，依現有糧食料源可提供商業化原料，目前正開發下一代非糧料源的生產技術。

市場發展：藉由評估先行者優勢和客戶建立合作夥伴關係。開發生質琥珀酸原料的不同市場應用，並找出符合不同客戶需求的最佳策略。

Reverdia 的生質琥珀酸商品名為 Biosuccinium™，此種生質產品可做為石化原料的替代品。在塑膠方面的應用上，Biosuccinium™ 可取代石化料源生產的琥珀酸與己二酸(adipic acid)，石化料源的琥珀酸每產出 1 公斤產生 2.3 公斤的二氧化碳，石化己二酸則更多，1 公斤製造 9 公斤的二氧化碳；現今產 1 公斤 Biosuccinium™ 會產生 0.9 公斤的二氧化碳，未來

Biosuccinium™的目標是生產 1 公斤減少 0.8 公斤的二氧化碳排放！另外，在 Biosuccinium™其他應用上也可用在 PBS、塑化劑、聚氨酯(PU)發泡劑、熱塑性聚氨酯彈性體(TPU)等食品包材、工業原料、運動及鞋材、不織布纖維、汽車及農業用途等。

TPU 的組成成分為多元醇(polyol)、二異氰酸酯(diisocyanate，官能基  $O=C=N-R-N=C=O$ )、和鏈增長劑(chain extender)，Reverdia 在運用 Biosuccinium™製造多元醇(polyol)上面沒有任何困難，和 1,3-丙二醇或 1,4-丁二醇組合的聚氨酯彈性體機械特性和石化原料產品相比是毫不遜色，耐磨損性和撕裂強度亦是一流。利用 Biosuccinium™和杜邦生質 1,3-丙二醇產品 Susterra®結合所製造的聚氨酯彈性體和石化製造之己二酸-1,4-丁二醇聚氨酯彈性體相比其碳足跡可大幅減少 69%！另外在生質琥珀酸-1,4-丁二醇結合之 PBS 生質聚酯研究方面，因 PBS 有許多優良特性如高柔軟度、高伸長率、良好的耐高溫性、及容易加工等，因此亦成為增強聚乳酸彈性和抗衝擊性的理想添加劑。Reverdia 將 PBS 與己二酸和對苯二酸(terephthalic acid)作混搭聚合以觀察其聚合產物的特性和生物可分解性。當 PBS 混搭摻入對苯二酸時其溶解溫度會增高，但相對地亦會減慢其生物可分解性，生物分解時間會更長；而添加己二酸的 PBS 其溶解溫度有明顯降低，相對反而加快生物可分解性，也就是生物分解時間更短。

Reverdia 產品 Biosuccinium™可應用在聚酯等共聚合試劑及聚合物添加劑等多樣化用途，未來會增加在其他生質成份如生質 1,4-丁二醇的測試以提高塑膠生質含量比率。雖然在科學研究上該領域已研究一段時間，但琥珀酸相關在工業界相對是新的領域。演講者最後展示了公司在義大利 Cassano 的工廠，為世界上第一個生質琥珀酸商業化量產工廠，投產時程為 2012 Q4，年產量達 1 萬噸，如下圖三十六所示。



**World's 1<sup>st</sup> commercial bio-succinic acid plant  
Cassano, Italy; start-up Q4-2012**

圖三十六 Reverdia 公司在義大利 Cassano 生質琥珀酸生產廠一景

### iii、Succinity 公司發展近況

Succinity 為 BASF 和 CSM/Purac 公司 50/50 的共同合資公司，總部在德國 Dusseldorf，其公司成立目的是作為生質琥珀酸生產和供應商，在 Purac 公司極少量的簡介資訊中有提到未來預計在 2013 年底在西班牙 Purac 公司運轉生質琥珀酸的生產，預計年產能 1 萬噸；未來亦有建立年產 5 萬噸的生質琥珀酸廠計畫。

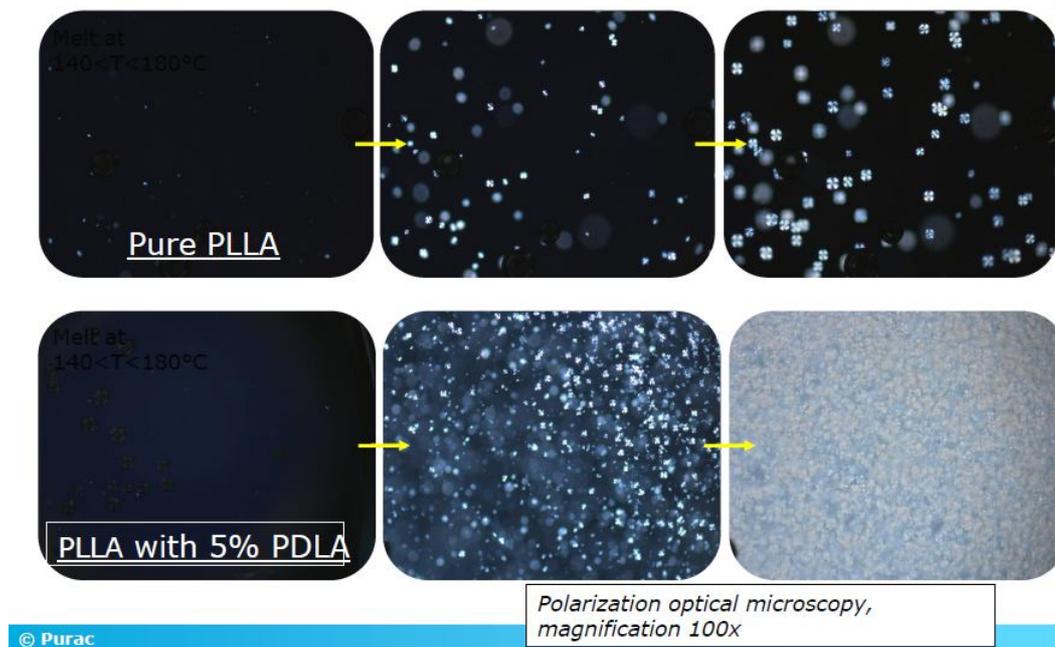
### (3)、生質乳酸廠商近年的發展

#### i、Purac 公司發展近況

Purac 擁有 80 年乳酸市場的經驗，在食品市場及化學和醫藥市場提供產品，產品範圍有天然防腐劑、香料、溶劑、皮膚保濕劑、生質原料及乳酸衍生物等。Purac 在泰國有年產量 10 萬噸乳酸工廠，亦有 7 萬 5 千噸乳酸二聚體 (lactide，乳酸脫水形成二聚體，為製造聚乳酸的原料)工廠，產品具高光學純度，且在生醫級乳酸和聚乳酸擁有 20 年製造經驗。另外，Purac 的客戶 Synbra 亦使用 Purac/Sulzer 聚合技術製造聚乳酸，其將聚乳酸擴展應用在聚苯乙烯 PS 塑膠的發泡劑，亦是聚 L-乳酸和聚 D-乳酸的供應商，目前聚乳酸產能 5000 噸，未來目標產能會擴增到 3 萬 5 千噸至 7 萬噸。在農業永續考量方面，Purac 製作聚乳酸的原料：巴西/泰國甘蔗與歐洲甜菜其每年每公頃產生的糖/澱粉量(約 8-10 噸/公頃)較一般聚乳酸原料玉米

或小麥等(約 2-6 噸/公頃)產量為高。生產 1 公斤聚乳酸需消耗 1.6 公斤的糖，而生產 1 公斤生質聚乙烯則需消耗 4.0 公斤的糖，生產 1 公斤生質 PET 則消耗 5.0 公斤的糖，由土地永續的觀點來看，生產聚乳酸較生質聚乙烯有 250%的使用量優勢。碳足跡方面，今日生產 1 公斤聚乳酸產生 0.5 公斤二氧化碳排放，相較於低密度聚乙烯(LDPE，排放量 1.7 公斤)、聚丙烯(PP，排放量 1.7 公斤)、PET(排放量 2.0 公斤)、聚苯乙烯(PS，排放量 2.2 公斤)相比，碳排放量明顯較低，未來聚乳酸 2015 年碳排放目標是降為 0。在使用循環終期選項上，聚乳酸可做減量、回收再利用等用途，亦可焚化、厭氧消化的方式獲取能源，或是利用生物可分解的特性製成堆肥，原料亦可回收等。聚乳酸本身除可回收外，亦可用 IR 的技術將其和其他垃圾簡單分離，目前聚乳酸回收行業正方興未艾。總結聚乳酸的特性如下：可有效率地使用原料和土地、較低的碳足跡、優良的使用循環終期選項、基因改良作物作為原料會是重要的考量，然而目前聚乳酸的應用仍非常侷限，因此開發新的聚乳酸技術在新用途上正在發展：發泡材料、纖維、耐高溫包裝及其他耐用物質等。

Purac 在研究聚乳酸有個心得是：結晶度是重要關鍵。利用添加成核劑(nucleating agent)、塑化劑(plasticizer)、纖維和填充物(fibres/fillers)等以增加結晶度，或是在乳酸聚合物結構上作變化如形成單一光學異構聚合物或立體位向絡合(stereo-complex)聚合物，目的是能有更好的加工特性。Purac 發現純的聚 D-乳酸或聚 L-乳酸其結晶速率較快，且熔化溫度較高，在聚 L-乳酸中降低 D-乳酸的含量可提高結晶性、更快的結晶速率以及更高的熔化溫度。2% D-乳酸的摻雜會降低聚 L-乳酸結晶速率超過 50%，且熔化溫度降低了 10 °C。另外，若在聚 L-乳酸中添加 5%聚 D-乳酸作為成核劑，由下圖三十七的偏光顯微鏡所示，其結晶速率明顯加快不少。



圖三十七 純聚 L-乳酸和添加 5%聚 D-乳酸結晶速率的比較

現今醣類原料生產聚乳酸在生質塑膠上是非常有效率的，未來纖維原料作為取代醣類原料生產聚乳酸仍在研究階段但尚未成為經濟規模，目前 Purac 公司正在進行相關研究，Purac 公司的聚乳酸有下列幾個優勢：利用可再生資源且非基因改良作物作為原料、和其他生質塑膠相比其土地利用效率較高、較低的碳足跡。開發出的聚 L-乳酸和聚 D-乳酸有較快加工速率及高熱穩定度，可在經濟規模下用來注塑成形、製成纖維、成膜、和熱成形等加工用途上。

## ii、NatureWork 在永續料源的努力

在本次研討會 NatureWork 公司並未談到關於聚乳酸的技術部份，而是談到關於從原料玉米到製造供應鏈監管階段取得認證過程以達永續生產的歷程。目前 ingeo 聚乳酸產品生產 1 公斤約排放 1.3 公斤二氧化碳，相較 2005 年 ingeo 產品 1 公斤約排放 2.0 公斤二氧化碳有進步，且和聚乙烯及 PET 排放約 3.4 公斤二氧化碳相比，更是降低了 60%，未來會朝降低碳排放做更多改善方法。ingeo 聚乳酸產品包含了許多地方：堅固的器具、餐具、薄膜、不織布和纖維、耐用品如手機等、乳酸二聚體.....各式各樣產品。這次介紹和食品集團 Danone 及德國世界自然基金會(WWF Germany)合作推出 Danone Ingeo 優格杯計畫(下圖三十八)：經 WWF Germany 支持，Danone 裝優格的杯子採用經認證不含基因改造玉米原料、從原料玉米種植到生產供應鏈監管階段都經認證為永續生產、和聚苯乙烯杯相比可降低溫室氣體排放、且可回

收再利用的 ingeo 聚乳酸杯。



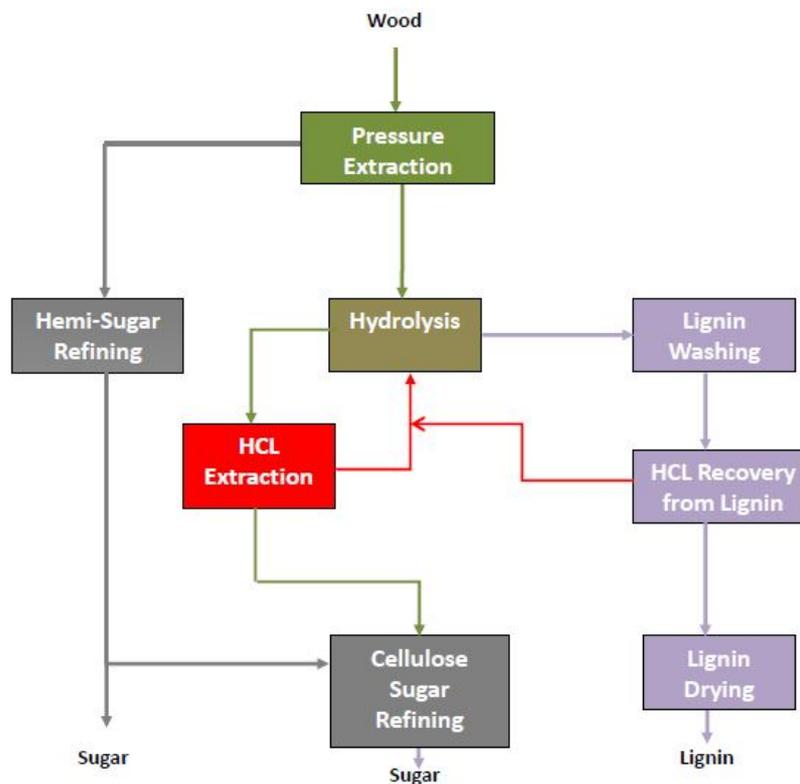
圖三十八 Danone Ingeo 優格杯計畫

NatureWork 過去既存的計畫包含：玉米原料來源為非基因改良作物計畫、製造過程對最終使用者採透明程序、對農民給出明確的信息、且大部分銷往歐洲的產品都遵守此計劃。然而，NatureWork 並未包含以下部分：第三方機構的認證、永續性玉米生產認證、產品製造到運輸供應鏈監管的認證等。因此在 2011 年初開始了認證計畫：包含在原料玉米種植上面獲得農業和貿易政策研究所(Institute for agriculture and trade policy)頒發的 Working Landscapes Certificate (WLC)，證明農作物種植成長為非基因改造、且保護土地的永續性生產認證；在製造過程供應鏈獲得了國際永續發展和碳認證(The International Sustainability and Carbon Certification, ISCC)，也就是從農場、玉米加工及乳酸工廠、變成 ingeo 聚乳酸、轉換裝置、到使用者 Danone 都經過審核和監管，代表送到 Danone 的 ingeo 聚乳酸產出量必須保證和輸入經認證永續玉米原料的質量達平衡。另外在 ISCC 計劃裡，農場則須通過 WLC 認證以保證玉米為非基因改良。NatureWork 在 2012 年 2 月時獲得了 ISCC plus 認證，且所有供應 Danone 在德國使用的 ingeo 塑膠都經過 ISCC plus 認證。

#### (4)、林業材料作為生質料源

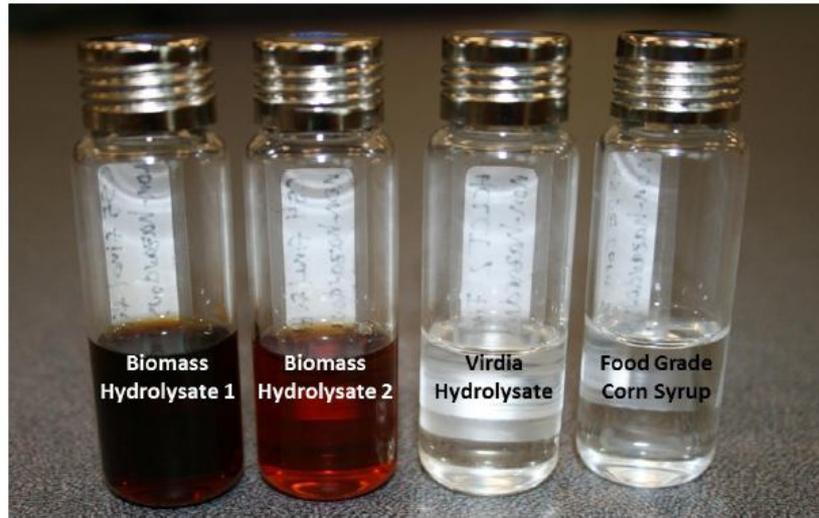
##### i、Virdia 的醣類生產工廠

Virdia 利用木材為原料進行降解、分離等程序以從中取得高價值醣類與木質素等纖維原料供其他廠商做進一步精煉以產出生質燃料、生質化學品、營養品等。下圖三十九為 Virdia 公司的 CASE™ 生產程序簡介：



圖三十九 Virdia 的 CASE™ 生產程序簡圖

在評估由木材原料精煉醣類時需要考慮幾個方面：原料方面須考量不同地區原料來源造成的差異、料源的永續性及認證與否、灰份含量，關係到木質素的品質、料源是已知的經濟產業，這樣來源相對穩定、如果是已知的公共運輸途徑則更好！生產過程方面則考量從原料得到產物的產率、所有醣類和木質素的定價、能源效率、資本支出、以及生產程序的成熟度；輸出質量和規格方面，依用途方面分便宜和高價品、市場/客戶導向、可運輸性和耐儲性、及隨存放時間的安定性等。Virdia 的 CASE™ 生產程序有幾個特點：專門處理木材等林業料源、在工業界有最高的產率：超過 95%、及市場導向的產品規格：擁有六碳醣，木糖結晶，精煉木質素等規格等。下圖四十顯示 Virdia 的水解液的高純度，一般生質原料水解液如左一左二都是褐色，而 Virdia 水解液透明度和食品級玉米糖漿差不多透明！



Courtesy:  VIRENT

圖四十 Virdia 的水解液比較圖

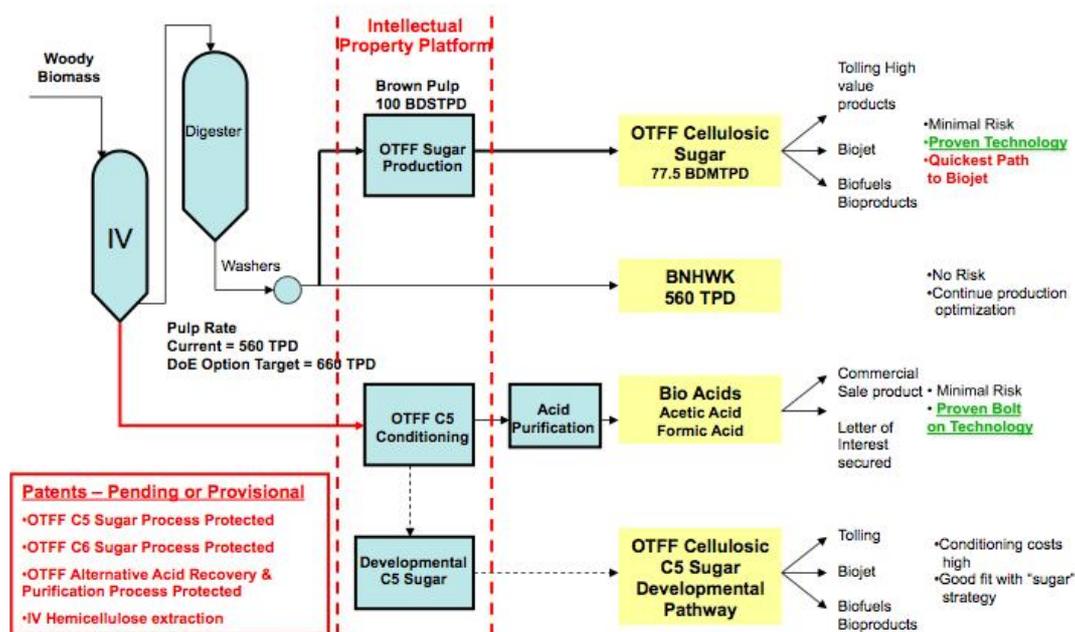
和許多客戶合作，超過 20 家公司成功地運用 Virdia 的精煉糖產品發酵和轉換成其他有用的生質化學品如用來作 Bakers' Yeast、檸檬酸、Lysine 和 Threonine(胺基酸的一種)等的發酵液，或是可轉成 *p*-xylene、酒精、飛機燃料和柴油等。半纖維素產品有結晶木糖，精煉木質素的特色為灰份低、氮含量低、分子量高，已證明可做防火材料，未來亦可做為碳纖維的潛力材料！目前該公司有二家工廠，一家可年處理 21 萬噸木材原料，產出約 15 萬噸醣類，其中含 75-85%的六碳醣，和約 4 萬 5 千噸的木質素；另一家木材原料年處理量 70 萬噸，約產出 50 萬噸醣類，其中 75-85%為六碳醣，及約 15 萬噸的木質素。

#### ii、緬因州永續生質塑膠委員會(Sustainable Bioplastics Council of Maine)簡介緬因州的生質產業

緬因州永續生質塑膠委員會(Sustainable Bioplastics Council of Maine)為一個非營利協會，致力於創建和支持緬因州新興生質塑膠產業，成員來自學校、研究機構、製造廠商和農業從事人員等。現今世界上仍以小麥、玉米等糧食原料發酵產出生質材料，未來第二代生質發酵原料以纖維為主，基於在地材料(木材和馬鈴薯為緬因州出產)、避免和糧食的競爭、可更有效率地土地利用、額外增加農民和森林工作者等的收入、建立生質燃料工業等原因，緬因州選擇木材及馬鈴薯加工削皮後廢棄物作為研究發展重點。

而緬因州立大學森林生質產品研究所(The university of Maine, Forest Bioproducts Research Institute, FBRI)開發可永續發展生物經濟的解決方案，且建立一套從木屑纖維原料萃取分離出半纖維素以精煉六碳和五碳糖的程序方法，並由 Old Town Fuels & Fibers 公司採用生產，因此綜合森林原料生物精煉的產品選項有：甲酸、醋酸等有機酸化學品，丁醇、航空燃料等液態燃料，及一般市場的商品紙漿、特殊專業紙漿等。森林生質產品研究所科技研究中心(FBRI technology research center)於 2012 年 6 月成立，由緬因州立大學、公家和私人機構共同合作，負責驗證/技術商業化，經費有緬因州技術研究所 480 萬美元資助和 200 萬美元私人捐款，程序處理和分析設備高達約 150 萬美元。FBRI 具有下列程序處理能力：生物質原料減容、乾燥和篩選，前處理、萃取和蒸煮，含氧及厭氧發酵程序，利用膜過濾、蒸餾、液/液萃取、離心或蒸發等方法做化學品純化分離，造粒(做成小丸或小球)，化學反應，噴霧乾燥，精煉等處理方法，亦可以將數個單元結合起來做各種生產方案的展示。

造紙和紙漿工廠的加入是發展生質工業的關鍵夥伴，因為造紙工廠在木材處理、分離和產品製造有獨特的經驗，Old Town Fuels & Fibers 公司即為一個紙漿生產工廠。Old Town Fuels & Fibers 公司採用 FBRI 的萃取分離半纖維素前處理技術建立了生產程序，此一生產程序可精煉出纖維六碳糖(做生質燃料)及處理五碳糖得生質有機酸，未來將開發五碳糖精煉技術做生質燃料等進一步用途(圖四十一)。



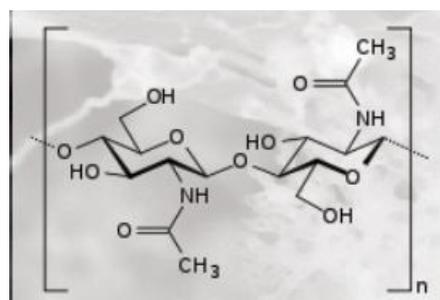
圖四十一 Old Town Fuels & Fibers 的生產程序

緬因州內除 Old Town Fuels & Fibers 將木材轉變成爲糖工廠外，還有 Aroostook Starch 公司將馬鈴薯削皮後廢棄物回收製成澱粉：另一種具潛力可作生質乳酸、聚乳酸之醣類原料，Biofine Technology 亦可將木頭內的纖維素轉化成果糖酸(levulinic acid)和甲酸。理想的永續材料爲具有相符的性能(或是更好)，具價格競爭力(或是更便宜)，最低限的環境碳足跡，原料爲可再生資源，且 100%完全可回收，成分對人體和環境都安全無害，對食物及水的供應鏈不會造成不良影響，這是未來大家應共同努力的目標。

### (5)、其他有趣的生質材料

#### i、Ecovative 利用低價值廢棄物生產生質聚合物

Ecovative 公司取材自大自然，利用蘑菇真菌菌絲體(mycelium)設計出一套由稻桿等農業廢棄物發酵產出甲殼素(chitosan)聚合物材料(結構如圖四十二)，其可應用做鞋子、傢俱、建材、鞋底等基材。僅需簡單的添加料源(feedstock)、成形(依不同大小需求製造模型並將原料裝入模型，forming)、成長(growing)、乾燥(drying)四步驟(圖四十三)即可製造完成所需的生質聚合物材料。其材料獲得戴爾(Dell)電腦及 Puma 公司採用做爲電腦保護套和運動器材保護墊等，可取代苯乙烯等保麗龍傳統發泡塑膠，爲一優良的天然生質塑膠材料，此項新技術在國際獲得了多項大獎。



圖四十二 甲殼素結構圖



圖四十三 Ecovative 新型蘑菇真菌菌絲體塑膠材料製造四步驟

### 3、國外一些永續發展的試驗計劃

#### (1)、BASF 產品 ecovio®生物廢料收集袋運用在德國社區的成功試驗計劃

德國 BASF 公司發表了成功將可做生物堆肥的生質塑膠產品 ecovio®生物廢料收集袋利用於分離收集有機堆肥的測試計劃，收集廚餘等做生物堆肥的好處有：可減少掩埋垃圾量，且在歐洲有可減少每年 2 千 5 百萬噸的二氧化碳排放量潛力；另外，生物堆肥可補充土壤所需的營養素磷，根據資料顯示，在德國，生物堆肥可取代 10%含磷肥料的需求。然而，今日歐洲僅有少於 30%的有機廢料被分離收集，如果不對現況做任何改善的話預估在 2020 年每年花在掩埋的費用高達 110 億歐元。根據調查，收集有機廢棄物造成環境髒亂是一般家庭不願收集的主要原因，有 20%的人認為有機廢棄物收集紙袋會讓液體流出來、19%是因為氣味、19%的人認為清理有機廢棄物收集袋不衛生等等，因此 BASF 公司將產品 ecovio®生物廢料收集袋運用並嘗試推廣在收集有機廢棄物上。此次測試計劃觀察二個重點：ecovio®收集袋是否會造成更多有機廢棄物的收集，及是否會造成更多 PE 袋使用在有機廢棄物的收集；地點選在德國 Prenzlauer Berg 和 Hellersdorf 二個地區觀察使用 ecovio®收集袋的狀況。調查結果顯示，在四個月後使用 ecovio®收集袋的地區有機廢棄物增加約 110%，但未使用 ecovio®收集袋的地區四個月後有機廢棄物收集量減少約 35%，因此證明了使用 ecovio®收集袋幫助增加





圖四十五 Future 500 分揀機外觀和構造圖

在 2011 年，少於 0.04% 的塑膠瓶是聚乳酸製造，這麼少的數量因此在研究中必需在塑膠垃圾添加已知數量的聚乳酸瓶以進行進一步地測試。初步研究結果顯示光學分揀系統可分揀出不同種類的塑膠並把它們分離出來，若在已分離過系統中分揀回收率會增加；光學分揀系統亦經過修改以適應現實中的加工條件，聚乳酸材料分離最高效率可達 99.6%；分揀系統亦可從材料回收設施上的混合塑膠分離聚乳酸瓶、杯及餐具等，亦可分離出高價值可回收塑膠如 PET 與高密度聚乙烯(HDPE)等。

### (3)、歐洲對生質塑膠的發展

Assobioplastics 協會則說明目前義大利限制塑膠購物袋政策，目前歐盟國家針對塑膠購物袋使用政策，比利時、法國、德國、愛爾蘭、丹麥、荷蘭、葡萄牙等國家是採用加稅政策，而義大利在 2011 年除生物可分解可堆肥塑膠外全面禁止提供塑膠購物袋，西班牙預計 2013 年底跟進，而英國則是採用自發性協議的方式。結果義大利在 2010-2012 年間降低了 40% 一次使用之塑膠袋用量、增加了棉花、黃麻、或不織布材質的可重複使用袋、2010-12 年市場可堆肥購物袋銷售量從 0 增加到 50%。西班牙則在 2013 年底也開始禁止塑膠購物袋，並將在 2018 年完成。英國的自發性協議已經失敗，政府正評估中。至於加稅則是隨地區的不同稅率和課稅方式也有所不同。根據市場調查結果，義大利超市自備購物袋購物者有 50% 會將帶棉花、黃麻、或不織布材質等可重複使用袋購物作為第一選擇，32% 的人第一選擇則會帶硬質塑膠袋；在超市購買購物袋消費者有 83% 的人將生物可分解可堆肥購物袋視為第一選擇。當

忘記帶自備購物袋的情境時，將近 50%消費者優先考慮購買生物可分解可堆肥購物袋(另有 27%的人認為自己從不會忘記)。在 135 間超市、52 間小型零售商、31 間地區超市的調查顯示使用可堆肥塑膠袋的比率增加了 50%。Assobioplastics 協會和其他協會的行動目的是統合歐洲政策朝向同一個方向，Assobioplastics 協會認為，生質塑膠的使用循環週期是重點，也就是生質塑膠最終處置需是可堆肥的，不然生質塑膠和石化來源的塑膠最終處理循環：回收、掩埋、能源回收等一模一樣，這樣就失去了生質塑膠的獨特意義。

### 三、心得

本次美國公差獲益良多，職非常感謝本所纖維酒精計劃提供經費資助，使本次公差得以順利進行，茲將重要的心得摘錄如下：

(一)、此次參加生質塑膠研討會，參與人員有推廣生質材料的非營利組織及協會人員、公司研發、業務、甚至亦有公司高層如副董事長、總經理等各式各樣不同背景的人員，與之交流並聽取其演講資訊可獲得和一般學術單位不一樣思維與想法，如商業從事人員對降低成本及提高生質塑膠性能和耐久度有強烈的興趣，環保相關人士則對於碳足跡減少量、製造過程及使用完最終去處等是否對環境友善相關議題有興趣等。

(二)、這次參與生質塑膠添加物討論會，雖然人數不多，但討論踴躍，底下人員不時會和台上演講人員交流發問，從而獲得更多有趣的訊息並炒熱研討會氣氛。或者是教育環境使然，在台灣研討會的討論環境相對不容易踴躍，國外想到問題並當場發問的氛圍是值得我們學習的。

(三)、高強度生質材料仍是大家想要的。不論是生質塑膠添加劑討論會還是在生質塑膠研討會大會中，都有不少專注於加入添加劑以提高生質材料性質的議題，現今生質相關廠商也有一個方向就是將生質材料性能提升，以促使生質塑膠更廣泛地滲透於市場中。

(四)、發酵原料的永續生產及纖維等非糧食作物做發酵原料亦廣為關注。目前糧食作物仍是發酵生產生質化學品的主軸，許多生質廠商在種植、收穫取得糧食作物與加工、製造生質化學品過程都正逐步注重並推廣對環境友善的種植方式、減少碳足跡與能量和資源消耗、增加生產效率等永續發展模式。纖維等非糧食原料雖有避免和糧食的競爭、將廢棄物變為有用產品等益處，但因為成本緣故目前仍不具有較大的經濟規模。

(五)、亦有關注生質塑膠的回收、分離、或者做成生物可分解堆肥包裝作生物堆肥等特殊用途以推廣生質塑膠。生質塑膠的回收與分離亦正方興未艾，演講中亦有團體嘗試做推廣與回收等方式使生質塑膠在使用最終有好的去處避免對環境負擔。另外歐美地區食物浪費很嚴重，大量食物在沒吃完或沒拆封的狀態下就被丟棄，因此製造許多食品廢棄物。近年國外有開始注重收集食品等有機廢棄物作生質堆肥，生物可分解堆肥生質塑膠可用來包裝一般保存期限短的食品，或是用來幫助收集有機廢棄物等用途，亦是另一種永續發展的方向。

## 四、建議事項

本次公差參加美國研討會，除見到國際大廠在生質塑膠方面的研究外，亦見到國際發展生質化學品的最新進展及目前生質塑膠的趨勢走向。茲將本次公差的心得及所見所聞歸納出以下建議事項，以供長官和同仁參考：

(一)、以纖維為發酵原料是現今國際發展趨勢。目前國際生質化學品仍以糧食作物料源為主，但卻有與民爭糧、造成環境破壞等的爭議。非糧纖維料源避免了和糧食的競爭、土地利用更有效率、將廢棄物變為有用產品等益處。在會議中僅聽到 Myriant 公司成功開發纖維原料製造琥珀酸的例子，但尚未大規模推廣，巴西蔗糖酒精亦有往纖維原料發展以增加酒精產量的趨勢，其他生質化學品製造廠如 NatureWorks LLC、Purac、Reverdia 等公司目前都還在研究階段尚未開始投產。因此，以纖維為原料發展生質化學品是目前國際正在走的路。

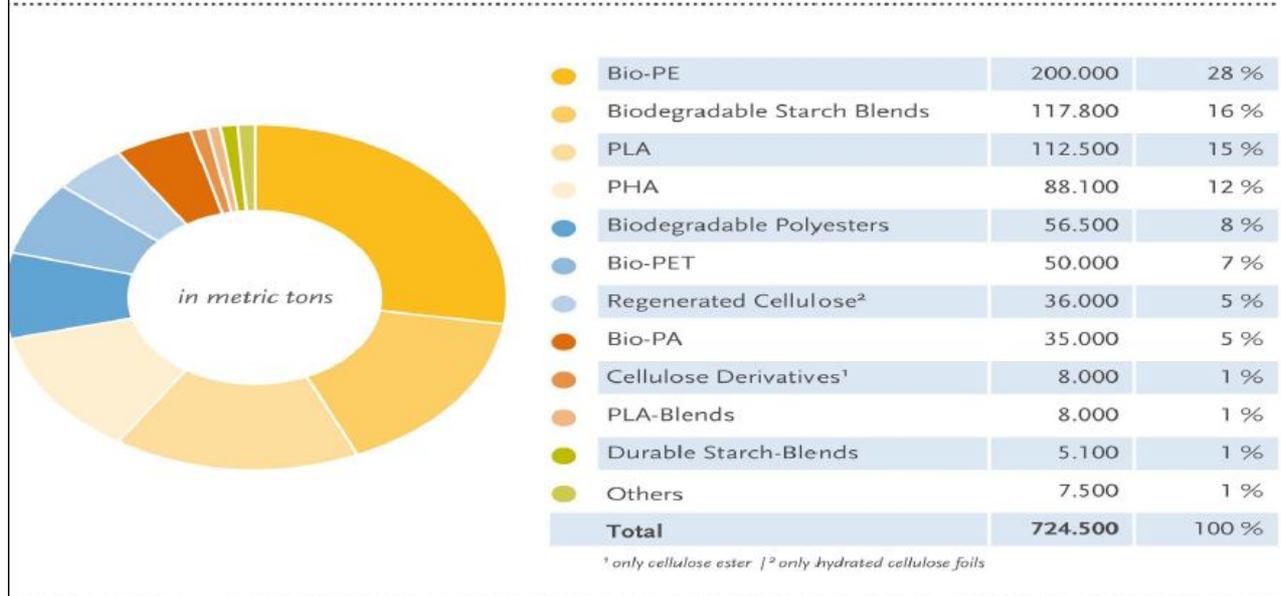
(二)、價格的降低是推廣生質化學品的不二法門，尤其是生質塑膠。在生質塑膠添加物研討會時，講師提到生物可分解塑膠種類繁多，然而現今最有名、最盛行的生物可分解塑膠是聚乳酸，原因在於 NatureWorks 等公司的努力開發使成本降低造成今日聚乳酸的盛行。一般消費者雖然都會說為了環保願意購買對環境友善的產品，但在實際選購上，和便宜的石化產品相比，環保但較昂貴的生質產品通常較不受消費者的青睞。目前生質塑膠價格仍然偏貴，因此在全球聚合物市場佔有率僅 1%，未來如要讓生質產品和化學品在市場滲透率提升，成本價格的降低是關鍵因素。

(三)、生質塑膠的未來朝向耐久品發展。聚乳酸雖是對環境友善的生物可分解塑膠，然而由於加工、聚合物特性等諸多缺點，使其在應用受到許多限制。許多研究集中在利用一般改質聚合物方法來增強聚乳酸機械特性以符合耐久性產品規格要求。未來聚乳酸等生物可分解塑膠若要有更多應用，加入添加劑以達更高強度是必須的，職認為未來在生質塑膠的應用似可朝此方向發展，或是以生質原料、化學品等做一般塑膠添加改質劑的取代，如琥珀酸酯衍生物等，合作對象可找做聚乳酸等塑膠改質相關的研究學者或廠商共同開發。

(四)、發展生質化學品最好以國際大廠需求為發展方向。根據 European Bioplastics 2010 和 2015 年的市場調查及預測(圖四十六、四十七)，生質 PET 的生產量從 7%大幅躍升至第二名的 17%。究其原因，乃是可口可樂等國際大公司對生質 PET 的需求造成，國際大廠產品量

大，需求也大量提升。由此可知開發化學品若和國際大廠所需原料相符，則較易獲得大廠青睞與合作機會，職認為輪胎原料生質異戊二烯具備這樣的潛力。

Biopolymers production capacity 2010 by type

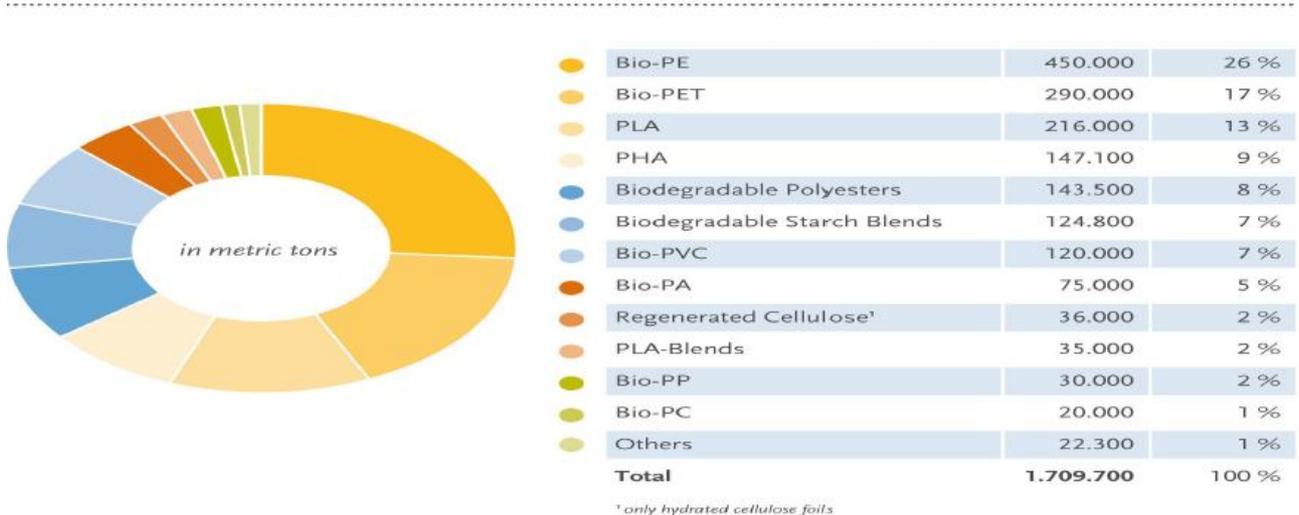


Source: European Bioplastics | University of Applied Sciences and Arts Hanover

European Bioplastics | Fachhochschule Hannover | University of Applied Sciences and Arts

圖四十六 European Bioplastics 調查 2010 年生質塑膠產量

Biopolymers production capacity 2015 (by type)



Source: European Bioplastics | University of Applied Sciences and Arts Hanover

European Bioplastics | Fachhochschule Hannover | University of Applied Sciences and Arts

圖四十七 European Bioplastics 預估 2015 年生質塑膠產量

(五)、與其他單位甚至下游廠商共同合作的重要性。在國外除一些公司外，大多是和其他公司策略聯盟來開發生質化學品。如福特、可口可樂、Heinz、Nike、P&G 等公司的合作聯盟開發 100%植物來源的生質 PET，GOODYEAR 與 GENENCOR、Dupont 共同合作開發生質異戊二烯，Myriant 也與 PTT Chemical、Sojitz、Davy Process Technology、Uhde GmbH 公司共同合作生質琥珀酸建廠、相關衍生物開發並拓展市場銷售等。若所內高質化生質化學品相關研究與構想獲得下游廠商甚至大廠的認可並進一步共同合作，則可大大增加本所的知名度和曝光率，並擴展所內相關研究人員的視野。未來本所將歸屬於經濟及能源部，與下游產業的連結相形之下更為重要。

(六)、若要朝應用方向發展，高分子化學領域相關人才是必需的。從這次研討會可知，生質化學品最多應用在於高分子聚合物。高分子化學領域的人了解聚合反應相關知識，且對聚合物需測量之物理性質、化學性質、機械強度等特性亦有相當程度的了解，短時間所內若想增強生質化學品應用相關研發能量，則須從現在開始注意網羅並收集高分子化學相關背景人才。

(七)、多樣性產品的重要性。在 Virdia 公司的介紹中，以木材為原料，產品有精煉六碳糖、結晶木糖、精煉木質素等，可供不同廠商做進一步發酵或是做為防火材料、碳纖維原料等用途。目前所內生質產品僅為酒精，雖可供做生質乙烯、生質 PET 等原料，但仍有些單薄，未來若能成功開發分離纖維素、半纖維素、木質素等並分別純化取得精煉產品，且成本價格在合理範圍下，則又是一大潛在產品及技術轉移合作來源。

(八)、持續注意國際生質化學品動向。國內目前僅有工研院主辦之生質產業聯誼會有較大規模的生質產業相關研討會，可和對生質產業有興趣的廠商交流，國外生質產業則相對較興盛。經由和國際廠商交流的國際性會議，可獲得目前國際廠商發展趨勢，未來如要避免閉門造車，密切注意並參加相關國際交流會是必需的。然而，國際交流會議眾多，和與會者討論發現在美國類似的生質研討會一年有七場左右，受限於經費關係不可能每一場都參加，因此須根據網路上發布的會議議程仔細了解其內容是否對所內生質化學品的開發有所幫助，作為未來判斷參加哪種會議依據。

## 五、附 錄

### 附錄一、生質塑膠專題研討會議程



## Agenda

### Biopolymers Symposium 2012

15-17 October, San Antonio, TX

[www.biopolymersummit.com](http://www.biopolymersummit.com)

#### Final Program

#### CONFERENCE 16 October 2012

7:45 Registration and Continental Breakfast

8:30 Opening Remarks from the Co-Chairs

**Dr. Ramani Narayan, University Distinguished Professor, Michigan State University and Dr. Paul Fowler, Executive Director, Wisconsin Institute for Sustainable Technology, UWSP**

**8:40 – 9:50 State of the bioplastics business -- the happenings in 2012 and beyond**

*Hear from industry experts, brand owners and new technology makers the state of the industry, latest innovations, success stories in bioplastics adoption, challenges and applications like semi-durables and durables.*

**Chair: Dr Ramani Narayan, University Distinguished Professor, Michigan State University**

#### ✓ Development of a Bio-based Process for Isoprene

- Why develop a bioprocess to make isoprene?
- Nature of joint development program with Genencor
- Review of results of bioprocess and polymerization of bioisoprene

**David Benko, R&D Fellow – Innovation Center, Goodyear**

#### ✓ The Road to Bio-Based Plastics at Ford Motor Company

- Sustainable materials overview and strategy at Ford
- Unique challenges, issues and opportunities for bio-plastics in automotive
- The need for supply chain development and cooperation to support the growing desire for bio-plastics in end-use consumer products
- Future outlook for bio-plastics at Ford

**Angela Harris, Plastics Research Group, Materials and Processes Department, Ford Motor Company**

#### Nike's Perspective on Bio-polymer Performance and Innovation

- Nike's exploration of the use of biopolymers in athletic apparel, footwear and equipment products
- Business, and environmental case for bio-polymers in durable consumer products
- Opportunities to connect with consumers on renewable materials innovation

**Eraina Duffy, Sr. Materials Researcher, Nike**

9:50 Networking break

**10:20 – 12:10 Sustainable Feedstocks**

*This session will spotlight efforts to secure feedstock sustainability for biopolymer resins and end-use applications. The perception, even when industrial, non-food grade starches are used as feedstocks, is that potential food-use materials are being diverted to non-food uses.*

*For some time, agricultural waste products and cellulosic raw materials have been championed as alternative feedstocks that will not impact on the human food chain. Nevertheless, issues such as new opportunities for rural communities, water use in their cultivation, whether or not they are of GM origin, transportation miles between their cultivation and point of use, direct or indirect land use changes as a result of increased demand have all come to the forefront in the sustainability discussion.*

*Hear how 6 companies and associations are evidencing the sustainability of their feedstock development platforms and addressing questions of economic, environmental and social concern as a part of that work.*

**Chair: Dr. Paul Fowler, Executive Director, Wisconsin Institute for Sustainable Technology, UWSP**

### ✓ **Forest products and agricultural waste as sustainable feedstocks**

- More biomass is available from forest products and agricultural waste than from starch/sugar crops to meet future needs for bio-based materials
- Forest products and agricultural waste are more sustainable feedstocks than starch/sugar crops - across environmental, social and economic concerns
- A Maine-based company is poised to be first to market with low cost, cellulosic sugars from woody biomass
- Strategic cluster development of bio-based manufacturers and supporting organizations can revitalize rural regional economies

**Mike Belliveau, Vice President, Sustainable Bioplastics Council of Maine**

### **The Brazilian Sugarcane Ethanol: Sugar, Ethanol and Beyond**

- Overview of the Brazilian sugarcane sector
- From sugar to new products
- The Future of the Brazilian industries

**Leticia Phillips, Representative – North America, Brazilian Sugarcane Industry Association – UNICA**

### **Advanced Carbohydrates, the path to commercialization**

- Value proposition of refined cellulosic sugars and lignin
- A critical step in the value chain of biopolymers
- Joining forces via strategic partnerships

**Brian Kinard, VP of Corporate Development & General Counsel, Virdia**

### ✓ **Sustainable production of bioplastics**

- Comparing Crop land use efficiencies
- Sugar to Plastic efficiency of various commodity biobased plastics
- End of life options

**Hugo Vuurens, Director Business Development PLA, Purac Netherlands**

### **Addressing Feedstock Sustainability Concerns – An Ingeo Case Study**

- Hear about a new certification scheme developed specifically to address concerns around feedstock sustainability concerns for bioplastics: the International Sustainability and Carbon Certification (ISCC-plus)

- A case study detailing the results of a 3-way effort between NatureWorks, WWF-Germany and Danone in Germany, resulting in a new chain of custody certification scheme from farm forward, and now available to the industry

**Steve Davies, Director - Marketing & Communications, NatureWorks**

12:10 Lunch will be served for speakers and delegates

**12:25 -12:55 Luncheon Keynote**

**Bringing Metabolix's PHA Technology to Commercialization**

- The role of foundation technology: Leveraging Metabolix's PHA capabilities to access markets ranging from biobased plastics to renewable chemicals
- Managing partnerships: Lessons learned from commercializing technology through partnerships
- The future of Metabolix's PHA technology and products and trends for bioplastics

**Richard P. Eno, President and CEO, Metabolix**

**1:15 – 2:45 International Policy Drivers for Growth of Biopolymers and Their Real Life Effects**

*A compelling public policy session for non-public policy or government affairs practitioners, this session will focus on the role of various policy mechanisms – legislation, regulations, standards, and others – to benefit the development and use of biopolymer products. You'll learn who's in the driver's seat in the US, Canada, and Europe, implementing cutting edge policies designed to advance the market for biopolymers. Learn how these policies are similar, different, and which type of policy is looking most effective given actual versus intended results.*

**Chair: Dr Ramani Narayan, University Distinguished Professor, Michigan State University**

### Canada

**✓ Making Choices: Investing in the Alberta, Canada Bioeconomy**

- Understand your "real" unique advantages (feedstock availability, research capacity, existing industry);
- Make public investments to mitigate the risk of the private sector;
- Connect bioproduct investments with other public policy initiatives (Alberta uses carbon levies from major emitters-a \$300m fund-to invest in new technologies);
- Alberta has invested in: feedstock development, conversion technologies and new product development;
- There are successful Alberta bioproduct enterprises producing profits in 2012;
- The goal is to link Alberta's world-class hydrocarbon sector (170 billion barrels of proven reserves) with agriculture and forest bioeconomy opportunities

**Stan Blade, CEO, Alberta Innovates Bio Solutions**

**✓ Policy Initiatives for the Bioeconomy in Ontario, Canada**

- Opportunity has no "label". Policies are for opportunity, not specifically biopolymers, but rather bioeconomy;
- Third party delivery systems work very well (e.g. Ontario BioAuto Council, Sustainable Chemistry Alliance are examples from Ontario);
- Sustainable Chemical Alliance turned \$5 million of public funds into approximately \$200 million follow-on private investment;

- Speed and flexibility are as important as the total amount of dollars. We have small "rapid" i.e. decisions in 48 hours for grant writing and business opportunities involving sales;
- Don't let your science and technology interfere with your sales. Sales Initiatives can be funded.

**Gord Surgeoner, President, Ontario Agri-Food Technologies**

#### **United States**

##### ✓ **Biobased Initiatives – Driving to Success**

- Who gets the credit for where we are today?
- Where are we today with biobased initiatives?
- Where are we going and what do we need to do next?

**Darden Hood, President, Beta Analytic Inc**

##### ✓ **Plastic Bag Legislation: Past, Present and Future**

- Past: Summary of plastic bag policies, lessons learned
- Present: Legislative update for statewide bag bill in CA, current trends, who is driving it
- Future: Where are they headed? Can biobased bags fit in with these policies?

**Sue Vang, Californians Against Waste**

2:45 *Networking break*

#### **3:15 – 4:25 Partnering across the value chain**

*Hear how new technology push & pull is combined, how breakthrough technology could enter bulk polymer markets. In this session we will also analyze the disconnect between certain companies in that value chain and how to overcome them, as well as discussing the difference in views on implementation from innovator, producer, recycler and user.*

**Chair: Edwin Tam, Manager, New Strategic Initiatives, Teknor Apex Company**

#### **Bio-based Succinic Acid and 1,4-Butanediol: Enabling Bioplastics**

- Description of efforts to commercialize bio-based succinic acid and 1,4-butanediol and highlight the relationship between the underlying economic advantages of renewable feedstocks and the development of a viable bioplastics market
- The importance of strategic partnerships along the supply chain, from feedstock to finished product will be discussed.
- The transformation of the chemical industry from a petroleum-based to a renewable-based ecosystem, and some of the requirements for success will be illustrated

**Michael Mang, Product Technology and Applications Manager, Myriant Corporation**

##### ✓ **The importance of strategic partnerships and joint development projects for commercial success**

- Description of efforts and success of DaniMer Scientific to provide innovative solutions to our customers
- New materials and opportunities that exist for biopolymer manufacturers

**S. Blake Lindsey, President, DaniMer Scientific LLC**

##### ✓ **Environmental Benefits of Sugarcane based PE in "Real World" Applications:**

- Polyethylene made from sugarcane based ethanol has enjoyed market acceptance in a variety of blow molding applications due a very favorable environmental footprint vs. alternative polymers
- The "Drop-in" processability to make blow molded bottles and compatibility with existing recycle streams is also highly favored vs. alternative bio-based resins
- However, the advantages in terms of carbon footprint, utilities, waste disposal, etc. can be confusing unless a side-by-side methodology is used to assure similar assumptions are used to generate a fair and balanced comparison vs. alternative resins.
- Evaluation to illustrate the advantages in a real world application and demonstrate why ethanol based PE and even PP are strategic to Braskem's development programs

**Terry Glass, Strategic Marketing Analyst, Braskem America Inc**

### **4:25 – 5:25 Panel Discussion: Opportunities and challenges for start-up companies in the biopolymers arena**

10 minutes intro by each panelist and 30 minutes for discussion

**Moderator: Joseph Mecca, Senior Consultant, ERM**

Panelists:

- **Toby Reid, President, Solegear**
- **Brian Kinard, VP of Corporate Development & General Counsel, Virdia**
- ✓ **Sonny Meyerhoeffer, President, Eastern BioPlastics**

6:00 – 7:00 Networking Reception

## **Conference 17 October 2012**

8:00 Continental breakfast

8:30 Opening Remarks from the Co-Chairs

**Brenda Platt, Co-Director, Institute for Local Self-Reliance and Melissa Hockstad, Executive Director, SPI Bioplastics Council**

### **8:40 – 10:30 Innovative management strategies for End of Life**

*In this session we will cover new developments in management strategies and end of life scenarios that go beyond composting, covered by the new methods developed as well as companies and associations implementing them in different industries.*

**Chair: Brenda Platt, Co-Director, Institute for Local Self-Reliance**

### ✓ **PLA recovery and recycling pilot project on the University of Wisconsin - Stevens Point campus**

- Pilot project to establish a separate waste stream collection and chemical recycling of post-consumer food service ware from multiple outlets on the University of Wisconsin-Stevens Point campus

**Dr. Paul Fowler, Executive Director, Wisconsin Institute for Sustainable Technology, UWSP**

### ✓ **Seattle's Single-Use Food Service Packaging Law – How one city's regulations impacted the biopolymers industry**

- Compostable single-use food service packaging a tool to keep food waste out of the landfill.

- Key role of biopolymers.
- Impact on packaging industry, local and chain quick-serve restaurants.
- Challenges in public education

**Dick Lilly, Business Area Manager for Waste Prevention and Product Stewardship, Seattle Public Utilities Solid Waste Division**

✓ **Biopolymers Role in Zero Waste Programs**

- Sustainable Food Court Initiative (SFCI) overview
- SFCI Pilot current status
- Impact on foodservice packaging
- Role bio-polymers play in zero waste programs

**Steve Davies, Director - Marketing & Communications, NatureWorks and Holly Elmore, Founder & CEO, Elemental Impact**

10:30 Networking break

**11:00 – 12:30 New Innovations in Performance and Technology**

*As the biopolymers industry continues to evolve, novel developments are entering and influencing the marketplace. In this session hear from industry leaders focused on new innovations impacting performance and driving new technology. Key areas include new biomonomer development, cutting edge new biopolymers, and performance enhancements that will take these materials to the next level.*

**Chair: Melissa Hockstad, Executive Director, SPI Bioplastics Council**

✓ **Single Step Polymers: Utilizing self-assembly in living systems to manufacture affordable biopolymer fibers from low value waste streams**

- Utilizing the mycelia cell wall as a polymer, with no extraction steps
- Functionalizing the cell wall to modulate properties such as tensile strength and microbial action
- Approaches for controlling the structure, density, and sizing of self-assembling biopolymer fibers

**Gavin McIntyre, Co-Founder and Chief Scientist, Ecovative**

✓ **Biosuccinium, enabling sustainable polymer solutions**

- Biosuccinium - the versatile building block for sustainable polymers
- The next level in sustainability
- Developing new bio-based polymer applications - a case study

**Lawrence Theunissen, Manager Application Development, DSM Bio-based Products & Services & Reverdia (JV of DSM & Roquette)**

✓ **Novel Modified Biopolymers for Durable Applications**

- Reactive extrusion processes to enable hyperbranching of PLA-based formulations
- Development of PLA-based coupling agents
- Tailoring compounds for flame retardancy, coupling, moisture resistance, and controlled rheology

**Dr. Adam Pawloski, Technical Director, Interface Solutions**

**How bio-polymers have become true performance polymers...a business case**

- Sustainability without functional performance is a non-starter in food packaging
- Packaging suppliers must sell performance and value that's, by the way, sustainable
- Game-changing, ultra-high barrier packaging from bio-polymers is available today
- Cost comparable to conventional plastics without compromising process capability
- Compelling environmental benefits can drive true product differentiation

**Thomas Black, President, Plantic The America's**

✓ **Bioplastics- Engineered for Rigid Applications**

- Bio raw materials can be tailored for applications by compounding
- Diversity of compounds enabling manufacturers to achieve a wide range of applications in both compostable and bio based products
- Case histories and successful projects showing the possibilities
- Extending the application range by means of intelligent dry blending and multilayer structures

**Kelly Lehmann, General Manager US, FKUR Plastics Corp**

12:30 Lunch will be served for speakers and delegates

**1:30 – 3:00 Sustainability insight from Europe**

This session will provide an update on the experience in Italy following the ban on plastic carrier bags last year and how the industry has responded. You will also hear about how the wide use of compostable goods was implemented at the London 2012 Olympics this summer. Finally, a European roadmap towards sustainable industry will be outlined.

**Chair: David Newman, General Secretary, Italian Bioplastics Association**

✓ **Bioplastics in Food Service- A case study: London 2012**

- Why 2012 chose compostable and recyclable materials
- The process of choice v application
- The organisational framework from sustainability of suppliers to end of life options and infrastructure
- The legacy message

**Dr. John Williams, Head of Materials for Energy & Industry, NNFFC**

**European scenarios for compostable plastic shopping bags**

**David Newman, General Secretary, Italian Bioplastics Association**

**Successful Pilot Project in Germany– Compostable Ecovio® Bio-Waste Bags for Separate Organic Waste Collection**

- Waste collection and local management of organic wastes
- Biological treatments (composting and anaerobic digestion)
- Results of a pilot scale project evaluated the use phase at the households, bio-waste collection and industrial composting process

**Dr. Carsten Sinkel, Advanced Materials & Systems Research – Biopolymers, BASF**

✓ **Biowaste source separation, quality, compost, waste-reduction; compostable bags**

- Legal drivers for source-separation of biowaste

- Food (FW) and Garden-waste (GV) collection in Italy – main results
- Effectiveness: capture rates and quality of SS Biowaste
- Use of compostable bags
- Composting and AD in Italy (key numbers)

**David Newman, Managing Director, Italian Composting Council**

3:00 Coffee break

### **3:20- 4:20 Labeling and Certification Interactive Discussion Panel**

*Labeling and certification programs have proliferated as uptake of biopolymers has increased. Join the panelists in a discussion that gets to the heart of the labeling and certification debate. Can one universal standard each for labeling and certification become reality? Is the consumer confused or does she not care? Are regulations bringing about a change in labeling practices? Who do bio-based content standards help? Contribute to a better understanding of the issues.*

**Chair: Brenda Platt, Co-Director, Institute for Local Self-Reliance**

10 minutes intro by each panelist and 30 minutes for discussion

Panelists:

- **Dr. Ramani Narayan, University Distinguished Professor, Michigan State University**
- ✓ **Tom Bruursema, General Manager, Environmental and Sustainability Services, NSF International**
- **Kate Lewis, Deputy Program Manager BioPreferred, USDA** -(TBC via video conference)

4:25 – 4:30 Closing remarks from the Co-Chairs

**Dr. Ramani Narayan, University Distinguished Professor, Michigan State University and Dr. Paul Fowler, Executive Director, Wisconsin Institute for Sustainable Technology, UWSP**

## 附錄二、研討會參加人員名冊

Biopolymers Symposium 2012  
Attendee List

First Name	Last Name	Job Title	Organization	Country
Ayse	Alemdar Thomson	Senior Scientist	FPIinnovations	Canada
Kevin	Alexander	Account Executive	Green Dot	USA
Amran	Ashraf	Principal Scientist	Procter & Gamble	USA
John	Baldus	BioProduct Sector Analyst	WI Office of Energy Independence	USA
Mike	Belliveau	Vice President	Sustainable Bioplastics Council of Maine	USA
David	Benko	R&D Fellow	Goodyear Tire & Rubber Company	USA
Sonya	Benson	Senior Engineer	PepsiCo	USA
Caryssa	Berg	Program Committee Co-Chair	Chemceeed	USA
Thomas	Black	Vice President, The America's	Plantic Technologies	USA
Stan	Blade	CEO	Alberta Innovates - Bio Solutions	Canada
Howard	Blum	Director	CPA	USA
Amber	Blythe	Application Engineer	Biofarm Energy Systems	USA
John	Bolton	Process Equipment Sales	Gala Industries, Inc.	USA
Gilles	Brunette	Program Manager	FPIinnovations	Canada
Tom	Bruursema		NSF International	USA
John	Chang	Corporate Scientist	3M	USA
Malcolm	Cohn	Director of Sustainability	Accredo Packaging, Inc.	USA
Steve	Davies	Director, Marketing & Public Affairs	NatureWorks LLC	USA
Brianna	Denk	Sales Rep	Chemceeed	USA
Sean	Ding	General Manager	Nantong Huasheng Plastic Products Co Ltd	China
Eraina	Duffy	Sustainable Materials Expert	Nike	USA
Alice	Duong	CEO	Coldpack, Inc.	USA
Keith	Edwards	Biodegradable Polymers Manager North America	BASF	USA
Neil	Eisberg	Editor, Chemistry & Industry	John Wiley & Sons	USA
Holly	Elmore	Founder & CEO	Elemental Impact	United Kingdom
Richard	Eno	Manager	Metabolix	USA
Tania	Farries	Lectur	Society of the Plastics, Inc	USA
Rudy	Folkersma	Conference Director	Stenden Hogeschool	Netherlands
Barbara	Fowler	Executive Director	Smithers	USA
Paul	Fowler	Director, Chemicals Business Development	Virent	USA
Kieran	Furlong	Technical director	Braskem America	USA
Thomas	Gallagher	Research Scientist	Ultra Flex Packaging Corp	USA
Yair	Gar	Principal	Kuraray	USA
Pablo	Garcia	New Business Development Manager	For Sustainability Too	USA
Richard	Gertman		BASF Corporation	USA
Jay	Ghosh			USA

Biopolymers Symposium 2012  
Attendee List

Alicia Terry	Gibson Glass	Marketing Manager - Plastics	Imerys Minerals Limited	USA
Rachel Edgar	Goldstein	Global Manager of Scientific and Regulatory Affairs	Braskem America	USA
Rigoberto	Gonzales Camona	Gerente Produccion	Ecobolsa	Mexico
Claudia	Gonzalez-Villareal	Graduate Student, Plant Metabolic Engineering	University of North Texas, Dept. of Biological Sciences	USA
Keith	Hansen	Business Development Manager	Wacker Chemical Corp.	USA
Angela	Harris	Research Engineer	Ford Motor Company	USA
Rick	Heggs	Director of Biobased Materials Strategy	Battelle	USA
Letty	Hernandez	Vice President, Manufacturing & Distribution	Handgards Inc	USA
Christian	Herrild	Director of Business Development	Teel Plastics, Inc.	USA
Jim	Hobbs	General Manager	AmberWorks	USA
Melissa	Hockstad	Vice President, Material Suppliers Council	The Society of the Plastics Industry Inc. (SPI)	USA
Darden	Hood	President	Beta Analytic Inc	USA
Toby	Huff	Account Manager	Sukano Polymers Corp	USA
Peter	Kelly	International Business Development & Bio Plastics	Pharmafilter BV	Netherlands
Jackie	Killings	Senior R&D Engineer	Mohawk Industries	USA
Warren	Kim	Sales Manager	Next Generation Recycling Machines Inc	USA
Brian	Kinard	VP of Corporate Development / Gen'l Counsel	Viridia	USA
Philippe	Lavielle	CEO	Viridia	USA
Lynn	Leger	Director, Commercial Development	GreenCentre Canada	Canada
Kelly	Lehrmann	General Manager	FKuR Plastics Corporation	USA
Kate	Lewis	Deputy Program Manager, BioPreferred	U.S. Department of Agriculture	USA
Dick	Lilly	Business Area Manager for Waste Prevention and	Seattle Public Utilities Solid Waste Division	USA
Linda	Lin	Director Hygiene Products TS&D	Clopay Plastic Products	USA
Blake	Lindsey	President	DaniMer Scientific LLC	USA
Connie	Lo	Commercial Development Manager	Arkema Inc.	USA
Edward G.	Ludwig	Business Development Manager	PURAC	Netherlands
Michael	Mang	Business Development Manager	Myriant Technologies	USA
Keith	Masavage	Chief of Strategy and Operations	Biobent Polymers	USA
Junichi	Masuda	Director, Fibers and Plastics Technology	Toray Industries (America), Inc.	USA
Norma	McDonald	NA Sales Manager	Organic Waste Systems Inc (OWS)	USA
Gavin	McIntyre	Co-Founder and Chief Scientist	Ecovative Design	USA
Joseph	Mecca	Senior Consultant	Environmental Resources Management (ERM)	USA
Sonny	Meyerhoeffer	President	Eastern BioPlastics	USA
Saamil	Mody	Director - Engineering & Sourcing	Case-Mate, Inc.	USA
John	Moore	Business Development Manager	DaniMer Scientific LLC	USA
Ramani	Narayan	Materials Science Professor	Michigan State University	USA

Biopolymers Symposium 2012  
Attendee List

Sridevi	Narayan-Sarathy	Senior Principal Scientist	PepsiCo	USA
David	Newman	Segretario Generale	Assobioplastiche	Italy
Akin	Ozkutan	BioIndustrial Segment Leader	Cargill	Belgium
Soojin (Rache Park)		Assistant Manager	Samsung Fine Chemicals	South Korea
Rajen	Patel		The Dow Chemical Company	USA
Shantu	Patel	Managing Member	Innovative Bottles LLC	USA
Adam	Pawloski	Research Fellow	Interfacial Solutions	USA
Catherine	Peters	Professor	Princeton University	USA
Marcus	Pfaadt	Manager Product Stewardship	Wacker Chemie AG	Germany
Leticia	Phillips		UNICA - Brazilian Sugarcane Industry Association	Brazil
Brenda	Platt	Co-Chair	Institute for Local Self-Reliance	USA
Steven	Prindle	Director of Sustainable Materials	Earth Vision Industries	USA
Toby	Reid	CEO	Solegear Bioplastics	Canada
Toby	Reid	Founder & CEO	Solegear Bioplastics Inc.	Canada
Mark	Remmert	CEO	Green Dot Holdings LLC	USA
Oswaldo	Reyes Calderon	Gerente Ventas	Ecobolsa	Mexico
Kyoko	Roberts	Senior Manager	Hitachi High Technologies America	USA
Carmen	Rodriguez	Business Manager	Arkema	USA
Kaylan	Sehanobish	Senior Scientist	The Dow Chemical Company	USA
Edmir	Silva	Product Development Manager	Unifi Manufacturing Inc	USA
Vijay	Singh	Post Doctorate, Plant Metabolic Engineering Group	University of North Texas, Dept. of Biological Sciences	USA
Carsten	Sinkel	Advanced Materials & Systems Research - Biopolyr	BASF SE	Germany
Gord	Surgeoner	President	Ontario Agri-Food Technologies	Canada
Edwin	Tam	Manager, New Strategic Initiatives	Teknor Apex	USA
Tingji	Tang	Senior Scientist	Halliburton	USA
Richard	Tedford	Director New Product Development	International Paper	USA
Lawrence	Theunissen	Manager Application Development	Reverdia	Netherlands
Susan	Thoman	Director of Public Affairs/Communications	Cedar Grove Composting	USA
Scott	Tuten	Senior VP	DaniMer Scientific LLC	USA
Edwardo	Van den Berg	CEO	Pharmafilter BV	Netherlands
Sue	Vang		California Against Waste	USA
Hugo A.J.	Vuurens	Business Development Manager, PLA	PURAC	Netherlands
Da-Ming	Wang	Research Assistant	Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Cour	Taiwan
Hollis	Whitt	Market Development Manager, Sustainability	Eastman Chemical Company	USA
John	Williams	Head of Materials for Energy & Industry	National Non-Food Crops Centre	United Kingdom
Wade	Wilson		Gala Industries	USA
Rhodes	Yepsen		Novamont North America	USA

Biopolymers Symposium 2012  
Attendee List

C-H	Zah	Director of Analytical Lab	Interface	USA
Jeff	Zettie	Senior Research Scientist	SC Johnson	USA